

ELECTRIC ARC WELDING

প্রকাশক : বি. চৌধুরী
২/১, ডি. এল. রায় স্ট্রীট
কলিকাতা-৬

রক : ক্যাণ্ডড কটোটাইপ ।
কলিকাতা-৯

মুদ্রণ : টি. কে. সরকার
সেপ্টেম্বরী মুদ্রণিক প্রাঃ লিঃ
১৩/সি, ডি. এল. রায় স্ট্রীট
কলিকাতা-৬

আইসিয়ারী ১৯৭২

দাম : পাঁচ টাকা

ভূমিকা

ওয়েল্ডিং-এর উপর ইংরাজি ভাষায় লেখা অনেক ভাল বই পাওয়া যায়। তবে বাংলা ভাষায় লেখা হ'লে বাঙালী পাঠকের, এমনকি যারা কেবলমাত্র বাংলাই জানেন তাঁদেরও খুব উপকার হ'বে—এই ভেবে প্রকাশক মহাশয় পুস্তকখানি রচনায় আমাদের উদ্যোগী ক'রে তুলেছেন। কিন্তু ওয়েল্ডিং সম্বন্ধে বাংলা ভাষায় বই লেখার প্রধান প্রতিবন্ধক হ'য়ে দাঁড়িয়েছে পরিভাষা। বহু ব্যবহৃত এবং সুপরিচিত ইংরাজি শব্দের বাংলায় সার্থক প্রতিশব্দ খুঁজে পেতে এবং উপযুক্ত স্থানে সুসঙ্গতভাবে ব্যবহার করতে আমাদের অনেক জটিল সমস্যার সম্মুখীন হ'তে হয়েছে। তাই অনেক বৈজ্ঞানিক ও কারিগরী ইংরাজি শব্দের বাংলা প্রতিশব্দ ব্যবহার না করে ঠিক ঠিক ভাব প্রকাশের জন্য ইংরাজি শব্দ সোজাসুজি বাংলায় গ্রহণ করা হয়েছে। গ্রন্থকারেরা মনে করেন অনেকেই যদি এইরূপ বাংলা ভাষায় বিজ্ঞান ও শ্রুতিবিদ্যার পুস্তক প্রণয়নে বা প্রবন্ধ রচনায় প্রবৃত্ত হন তখন বাঙালী পাঠকের কাছে এই সব বিশিষ্ট ইংরাজি শব্দের বঙ্গ-প্রতিশব্দকে দূরধিগম্য ও বিদেশী বলে মনে হ'বে না; বাংলা ভাষাও ক্রমশঃ সমৃদ্ধ হ'তে থাকবে।

প্রযুক্তি বিজ্ঞান ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিং অপেক্ষাকৃত আধুনিক। এই সম্পর্কে গবেষণার কাজকর্ম অত্যন্ত দেশের সাথে আমাদের দেশেও অল্পবিস্তর হ'য়ে চলেছে। প্রতিনিয়তই ওয়েল্ডিং পদ্ধতি, ইলেকট্রোড, যন্ত্রপাতি ইত্যাদির উন্নতি সাধিত হচ্ছে। এই অগ্রগতির দিকে দৃষ্টি রেখে এবং নানা প্রকার ওয়েল্ডিং, যথা, কোর্ড ওয়েল্ডিং, অর্গন-গ্যাস ওয়েল্ডিং, ইলেকট্রিক আর্ক ওয়েল্ডিং, রেজিস্টাল ওয়েল্ডিং, থার্মিট ওয়েল্ডিং; ইনার্ট গ্যাস মেটাল আর্ক (মিগ্, টিগ্) ওয়েল্ডিং, স্পাই ওয়েল্ডিং, ষ্টাড ওয়েল্ডিং ইত্যাদির মধ্য থেকে বহু ব্যবহৃত একটিকে,

এখানে সেটি হ'ল ইলেকট্রিক আর্ক ওয়েল্ডিং, নির্বাচিত ক'রে তার সম্পর্কে বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

গ্রন্থকারেরা আশা করেন যে, এই পুস্তকটি ওয়েল্ডিংএর সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত ব্যক্তিদের—ওয়েল্ডিংএর ছাত্র, শিক্ষানবীশ, কর্মী এবং তদারকীর কাজে গৃহীত ব্যক্তিদের যথেষ্ট উপকারে আসবে। পাঠকেরা যদি পুস্তকটি পাঠে উপকৃত হন তবে গ্রন্থকারদের পরিশ্রম সার্থক হবে।

যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের মেকানিকাল ইঞ্জিনিয়ারিং বিভাগের অনেকেই আমাদের এই পুস্তকটি রচনাকালে নানাভাবে উৎসাহ ও অনুপ্রেরণা দিয়েছেন। তাঁদের কাছে আমরা কৃতজ্ঞ। পুস্তকটিতে যে সব ত্রুটি রয়ে গিয়েছে পাঠকেরা যদি সেগুলি সংশোধনের ও আরও কিছু সংযোজনার প্রয়োজন বোধ করেন এবং সে সম্বন্ধে নির্দেশ দেন তবে তাহা সাদরে গৃহীত হ'বে।

যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়
ইঞ্জিনিয়ারিং কলেজ
কলিকাতা।

গ্রন্থকারগণ

সূচীপত্র

ফোর্জ ওয়েল্ডিং	}	...	...	১
গ্যাস ওয়েল্ডিং				
থার্মিট ওয়েল্ডিং				
রেজিষ্টার ওয়েল্ডিং				
পরিভাষা	...	...	...	৬
ইলেকট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং	...	...	...	১২
আর্ক ওয়েল্ডিং মেশিন ও যন্ত্রপাতি	...	...	...	২৩
ইলেকট্রিক্ আর্ক	...	...	...	২৮
আর্কওয়েল্ডিং ইলেকট্রোড	...	...	...	৩১
আর্কওয়েল্ডিং টেকনিক	...	...	...	৩৯
ওয়েল্ডিং সঙ্কল্পীয় ধাতুবিজ্ঞান	...	...	...	৬৬
ওয়েল্ডেবিলিটি পরীক্ষা	...	...	...	৭১
ওয়েল্ডিং সঙ্কোচন নির্ণয়	...	...	...	৮০
ওয়েল্ডিং পরিদর্শন ও পরীক্ষা	...	...	...	৮৫
ওয়েল্ডিং-এর ব্যয়ের হিসাব	...	...	...	১০১
নিরাপত্তা বিধিনিষেধ	...	...	...	১১০

সূচিপত্র

পৃষ্ঠা	লাইন	তুল	তুল
৫৬	(২)	ইলেকট্রোড প্রতি রাণ সংখ্যা	প্রতি ইলেকট্রোড হইতে ওক্সিজেন নির্গত
৬৪	(ভালিফার)	দশম লাইনে সংখ্যা ১-এর বদলে ১ হইবে।	
৬৮	(৬)	বাত্মকে তাপমাত্রা হইতে রক্ষা করে	বাহ্য হাইড্রো
৭৭	(শেষ লাইন)	সামগ্রিক	বাহ্য হাইড্রো
৭৭		Harden ability	Hardenability
৮১	(১)	T ₀ °C তাপমাত্রা	T ₀ °C তাপমাত্রা
৮১	(৪)	T ₀ °C তাপমাত্রা	T °C তাপমাত্রা
৮১	(১০)	$t = t_0 \{1 + \alpha(T - T_0)\}$	$t = t_0 \{1 + \alpha(T - T_0)\}$
৮২	(৪)	$S_T = 0.008 \frac{\Delta W}{t} + 0.002d$	$S_T = 0.008 \frac{\Delta w}{t} + 0.002d$
৮২	(শেষ)	$F_c = \frac{1}{1 + 0.086 P^{0.87}}$	$F_c = \frac{1}{1 + 0.086 P^{0.87}}$
৮৩	(৪)	$S_L = \frac{\Delta w}{A_F} \times 0.025$	$S_L = \frac{\Delta w}{A_F} \times 0.025$
৮৩		চিত্র ১১.১৩ (ক), -৪	ইহা ২০ পৃষ্ঠার টেবিলের সঙ্গে পড়িতে হইবে।
৯৩	(শেষ)	$B.H.N = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	$B.H.N = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
৯৪	(৪/১০)	p = প্রযুক্ত বল	P = প্রযুক্ত বল
১০১	(৩)	ট্রাকচার ;	ট্রাকচার
১০৫	(১১)	$\frac{C - B}{E} \times 100$	$\frac{C - B}{A} \times 100$

- ৬০ দ্বিতীয় সারির বামদিকের প্লেট প্রভৃতির রকের রাশ সংখ্যা, ইলেক্ট্রোডের রাশ, ওয়েন্ডের দৈর্ঘ্য প্রভৃতির হিসাব বাহা তীর চিহ্ন দ্বারা তৃতীয় সারিতে দেখান হইয়াছে, তাহা তৃতীয়ের বদলে পঞ্চম সারি অস্থায়ী হইবে। এবং ডানদিকের রকটির রাশ সংখ্যা ইত্যাদির হিসাব তীর চিহ্ন প্রদর্শিত চতুর্থ সারির বদলে তৃতীয় সারি অস্থায়ী হইবে।
- ৬০ তৃতীয় সারির বামদিকের প্রথম রকটির রাশ সংখ্যা ইত্যাদির হিসাব তীর চিহ্ন প্রদর্শিত পঞ্চম সারির বদলে চতুর্থ সারি অস্থায়ী হইবে।
- ৬০ দ্বিতীয় সারির বামদিকের রকের এবং ৬১ পৃষ্ঠায় দ্বিতীয় সারির ডান দিকের রকের মধ্যস্থলে বীড সংখ্যা $\frac{1}{2}$ এর বদলে $\frac{3}{2}$ হইবে।

আর্ক ওয়েল্ডিং

প্রথম অধ্যায়

মুচনা

১০ বিগত দুই তিন দশকের মধ্যে অপেক্ষাকৃত অল্পমাত্র অবস্থা হইতে বিজ্ঞ প্রযুক্তি-ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিং বিরাট অগ্রবর্তী স্থানে আসিয়া দাঁড়াইয়াছে। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে—এরোপ্লেন, মোটরগাড়ী, সেতুনির্মাণ প্রভৃতি যেমন দ্রুত ও অল্পব্যয়ে নির্মিত হইতেছে—ওয়েল্ডিংএর প্রয়োগনৈপুণ্য এতদূর প্রসারিত না হইলে হয়ত তাহা সম্ভব হইত না। জাহাজ এবং রেলওয়ে ওয়াগন নির্মাণে আজকাল রিভেটিং-এর স্থান দখল করিয়াছে ওয়েল্ডিং এবং ধীরে ধীরে রিভেটের ব্যবহার হ্রাস পাইতেছে। উন্নতধরণের ওয়েল্ডিং পদ্ধতি ও যন্ত্রপাতির বহুল প্রচলনে উন্নতমানের ওয়েল্ডিং করা বর্তমানে সম্ভব হইতেছে—যাহা মূলধাতুর (parent metal) সমান মজবুত।

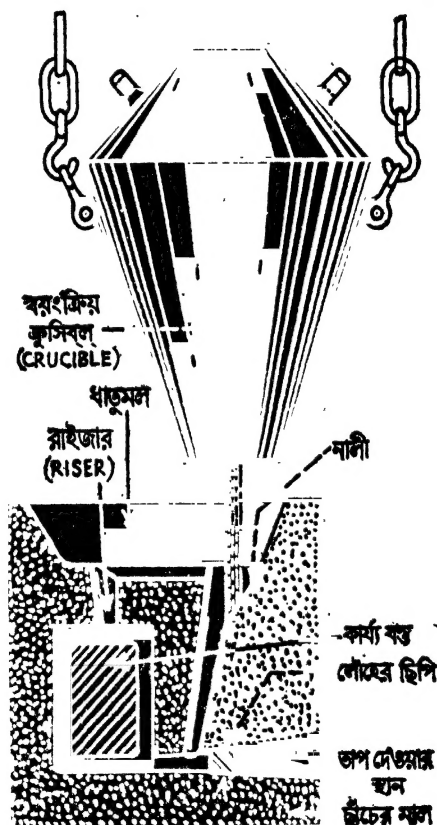
এই পুস্তকে আমরা আর্ক ওয়েল্ডিং (ইলেকট্রিক-ওয়েল্ডিং) সম্পর্কে বিস্তৃত আলোচনা এবং এই অধ্যায়ে অন্ত্যান্ত ওয়েল্ডিং পদ্ধতি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করিতেছি।

১১ কোর্ক ওয়েল্ডিং (Forge welding) :

এই প্রণালীতে কোন ধাতুখণ্ডের দুইটি খোলা মুখ বাঁকাইয়া একটির উপর অপরটির মুখ পরিমাণ মত চাপান দেওয়া হয়, তারপর গরম করিয়া নয়ম অবস্থায় আনা হয় এবং পরে হাতুড়ীর আঘাতে ঐ দুইটি মুখ যুক্ত করা হয়। যদি ঠিকমত উত্তাপ ও চাপ দেওয়া হয়, তবে ঐ ওয়েল্ডিং-এর শক্তি, মূল ধাতুখণ্ডের সমান। উদাহরণস্বরূপ কয়লা, লৌহ, নিকল, স্রজের কথা। প্রকৃতি এই পদ্ধতিতে তৈয়ারী হয়।

১.২ গ্যাস ওয়েল্ডিং (Gas welding) :

ফোর্জ ওয়েল্ডিং-এর পরে আসে গ্যাস ওয়েল্ডিং। এই প্রণালীতে অক্সিজেন (Oxygen) এবং এসিটিলিন (Acetylene) জাতীয় গ্যাসকে ওয়েল্ডিং টর্চের সাহায্যে মিশ্রিত করিয়া অগ্নিসংযোগে শিখার



চিত্র নং - ১.৩ গ্যাস ওয়েল্ডিং

(Flame) সৃষ্টি করা হয়। এই শিখারযোগে ধাতুদ্বয়কে জোড়া লাগানোর জায়গায় গরম করা হয়। এখানকার উত্তাপ এমন হইবে

যাহাতে ঐ জারগাটি গলিয়া যায়। এই অবস্থায় ছই খণ্ড জোড়া লাগিয়া যায়। সময় সময় পরিপূরক ধাতু (Filler material) সংযোগস্থলে ব্যবহার করা হয়।

১.৩ থারমিট ওয়েল্ডিং (Thermit welding) :

ইহা উৎপাদনকার্যে (Production) প্রায় ব্যবহৃত হয় না। সাধারণতঃ মেরামতী কার্যে যেমন রোলিং মিল পিনিয়ন (Rolling mill Pinion), রেলওয়ে লাইন ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতি একটি *exothermic* প্রক্রিয়া। এলুমিনিয়াম পাউডার এবং আয়রন অক্সাইডের সংমিশ্রণকে যদি উপযুক্ত উত্তাপ দেওয়া হয়, তাহা হইলে এলুমিনিয়ামের অধিকতর অক্সিজেন আসক্তির জন্য নিজে অক্সাইডে পরিণত হইয়া আয়রন অক্সাইডকে শুদ্ধ গলিত লৌহে (Iron) পরিণত করে। এই গলিত লৌহই ব্যবস্থানুযায়ী নির্দিষ্ট ফাঁকা স্থান পূর্ণ করিয়া ওয়েল্ডিং সুসম্পন্ন করে।

১.৪ রেজিস্ট্যান্স ওয়েল্ডিং (Resistance welding) :

এই পদ্ধতিতে ইলেকট্রিক কারেন্ট কোন ধাতব কার্যবস্তু (workpiece) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে যে উত্তাপের সৃষ্টি হয়, তাহা ধাতুকে নরম অবস্থায় আনে এবং সেই সঙ্গে উপযুক্ত চাপ দেওয়ার ফলে ওয়েল্ডিং সুসম্পন্ন হয়। যে উত্তাপের সৃষ্টি হয়, তাহার পরিমাণ নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে পাওয়া যায় ; .

$$\theta = 0.24 I^2 RT$$

যেখানে, θ = উত্তাপের পরিমাণ *calorie* (Calorie)

I = কারেন্ট (Current) অ্যাম্পিয়ারে

R = রেজিস্ট্যান্স ওমস্‌এ (Ohms)

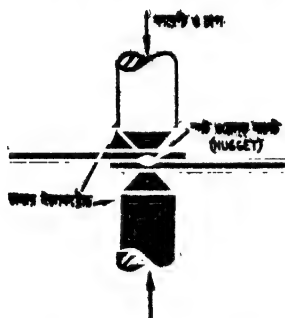
T = সময় সেকেন্ডে .

বিভিন্ন তাপমাত্রার জন্য কারেন্ট, রেজিস্ট্যান্স ও সময়ের পরিবর্তন উপযুক্তভাবে স্থির করা প্রয়োজন।

রেজিষ্ট্যান্স ওয়েল্ডিংকে প্রধানতঃ চারিপ্রকারে ভাগ করা যায়।

১'৪-১ স্পট ওয়েল্ডিং (Spot welding) :

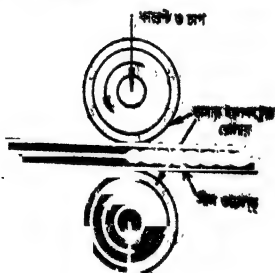
কার্য্যবস্তু দুইটিকে সাধারণতঃ দুইটা তামার ইলেক্ট্রোডের মধ্যে চালিয়া ধরা হয়, তারপর উচ্চ শক্তিসম্পন্ন বিদ্যুৎ নির্দিষ্ট সময়ের জন্য



চিত্র নং—১'৪-১ স্পট ওয়েল্ডিং

প্রবাহিত করানো হয়। বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ হইলে উপযুক্ত চাপের দ্বারা ওয়েল্ডিং সম্পন্ন হয়।

১'৪-২ সীম ওয়েল্ডিং (Seam welding) :

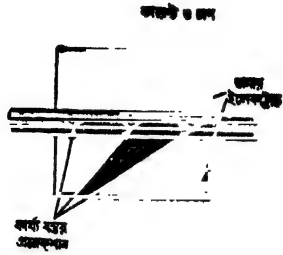


চিত্র নং—১'৪-২ সীম ওয়েল্ডিং

সীম ওয়েল্ডিং ও স্পট ওয়েল্ডিং প্রায় একই ধরনের। এখানে স্পট ক্রমসত্ত্ব থাকে এবং ইলেক্ট্রোডগুলি মোটর দ্বারা চালিত হয়।

১'৪-৩. প্রজেক্সন ওয়েল্ডিং (Projection welding) :

এই ওয়েল্ডিং পদ্ধতিতে কার্যবস্তুর বিশেষ প্রস্তুতি দরকার হয়। সেইজন্য জায়গায় জায়গায় যেখানে ওয়েল্ডিং হইবে, সেইখানে সামান্য

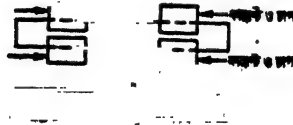


চিত্র নং—১'৪-৩ প্রজেক্সন ওয়েল্ডিং

উঁচু (Projection) করিয়া লওয়া হয়। ছইটি কার্যবস্তুর একটিতে এইরূপ প্রস্তুতি প্রয়োজন। সীট মেটালে বা চাদরে এই প্রজেক্সনগুলি প্রেসের সাহায্যে খুব সহজেই করা চলে।

১'৪-৪ বাট ওয়েল্ডিং (Butt welding) :

এই পদ্ধতিতে ছইটি অংশকে মুখোমুখি জোড়া দেওয়া হয়। অংশ ছইটিকে তামার ক্ল্যাম্পের সাহায্যে মুখোমুখি চাপিয়া ধরা হয়



চিত্র নং—১'৪-৪ বাট ওয়েল্ডিং

এবং উপযুক্ত মাত্রার বিদ্যুৎশক্তি প্রয়োজনীয় সময়ের জন্য প্রবাহিত করা হয়। বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ হইলে চাপের সাহায্যে ওয়েল্ডিং সম্পন্ন হয়।

দ্বিতীয় অধ্যায়

পরিভাষা

নিম্নলিখিত ওয়েল্ডিং সম্বন্ধীয় শব্দসমূহ এই পুস্তকে ব্যবহৃত হইবে।

অ্যালাইন্মেন্ট (Alignment)—কার্যবস্তুসমূহের উপযুক্ত পারস্পরিক অবস্থিতি।

অ্যানীল (Anneal)—উত্তাপ প্রয়োগের দ্বারা ধাতুর কাঠিন্য হ্রাস করা।

আর্ক (Arc)—ইলেকট্রন বর্জিত (ionised) বিদ্যুৎপথের বায়বীয় অংশ।

আর্ক ওয়েল্ডিং (Arc welding)—আর্কের উত্তাপে ধাতব কার্যবস্তু গলাইয়া ইলেকট্রোড হইতে গলিত ধাতু সরবরাহ করিয়া কার্যবস্তু জোড়া দিবার প্রণালী।

আর্ক ভোল্টেজ (Arc Voltage)—আর্কের দুই প্রান্তে বৈদ্যুতিক চাপের তারতম্য।

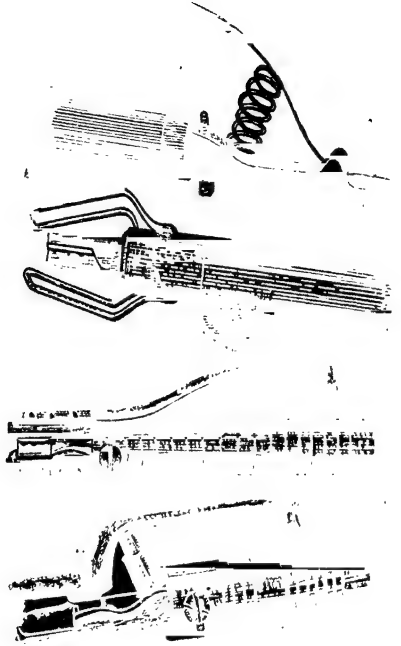
আর্থিং (Earthing)—ওয়েল্ডিং মেশিন ও ভূমি এবং কার্যবস্তু ও ভূমির সঙ্গে সংযোগ।

ইলেকট্রোড (Electrode)—ধাতব তার, যাহা আর্ক প্রস্তুত করে এবং আর্কের উত্তাপে গলিয়া ওয়েল্ডিংয়ে ধাতু সরবরাহ করে।

ইলেকট্রোড সাইজ (Electrode size)—ইলেকট্রোডের তারের ব্যাস।

ইলেকট্রোড হোল্ডার (Electrode holder)—ইলেকট্রোড ধরিবার ও ইলেকট্রোডের সঙ্গে বৈদ্যুতিক সংযোগ রক্ষা করিবার সরঞ্জাম।

পরিভাষা



ইলেক্ট্রোড হোল্ডার

ইলাস্টিসিটি (Elasticity) বা স্থিতিস্থাপকতা—রবারকে খানিকটা টানিয়া ছাড়িয়া দিলে যেমন পূর্বাকৃতি ফিরিয়া পায় তেমনি প্রত্যেক কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে অল্পবিস্তর এইরূপ ঘটে। এই গুণকে পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা বলে।

ইন্টারমিটেন্ট ওয়েল্ড (Intermittent Weld)—মাক্রে মাঝে নির্দিষ্ট পরিমাণ স্থান বাদ দিয়া ওয়েল্ডিং।

এ. সি. (A. C.)—অল্টারনেটিং কারেন্ট (Alternating current); যে বিদ্যুৎপ্রবাহ অনবরত দিক ও পরিমাণ পরিবর্তন করে।

ডি. সি. (D. C.)—ডাইরেক্ট কারেন্ট (Direct Current);
যে বিদ্যুৎপ্রবাহ দিক পরিবর্তন করে না এবং সাধারণতঃ সমচাপে
প্রবাহিত হয়।

এটিং (Etching)—যে প্রণালীতে তরলীকৃত এসিড্
(diluted acid) বা ঐ ধরণের কোন উপযুক্ত রাসায়নিক পদার্থ
বিশেষরূপে প্রস্তুত মৃণ ধাতব অংশে লাগাইয়া ধাতুর গঠনপ্রকৃতি
নিরীক্ষণ করা হয়।

কন্ডাক্টিভিটি (Conductivity)—বিদ্যুৎ কিংবা উত্তাপ
সঞ্চালন ক্ষমতা।

কনট্রাকশন্ (Contraction)—সঙ্কোচন।

কভার গ্লাস (Cover glass)—ওয়েল্ডিং শীল্ড বা ঢালে
রডিন কাচের উপর যে সাদা কাচ ব্যবহার করা হয়।

কারেন্ট (Current)—বর্ত্তনী বা সার্কিট-এ (circuit)
বিদ্যুৎপ্রবাহের মাত্রা ; ইহার পরিমাণ অ্যাম্পীরার-এ মাপা হয়।

কাস্ট আয়রন (Cast Iron—C. I.)—চীনে লোহা।

কেব্ল (Cable)—রবার অথবা অন্যান্য কোন বিদ্যুৎ
চাপনিরোধক (insulating) পদার্থদ্বারা আচ্ছাদিত বিদ্যুৎবাহক
তার।

কোটেড ইলেকট্রোড (Coated Electrode)—যে ইলেকট্রোড
বিশেষরূপে প্রস্তুত রাসায়নিক পদার্থদ্বারা আচ্ছাদিত। এই
আচ্ছাদনকে কোটিং (Coating) বলে।

কোর (Core)—কোটেড ইলেকট্রোডের মধ্যস্থিত ধাতব তার।

ক্রেটার (Crater)—কার্য্যবস্তুর উপর আর্ক জনিত গর্ত।

গ্যাস পকেট (Gas pocket)—ধাতুতে আবদ্ধ গ্যাসযুক্ত স্থল।

টেস্ট পিস (Test piece)—পরীক্ষার জন্য বিশেষভাবে প্রস্তুত
কার্য্যবস্তুর অংশবিশেষ।

ডাক্টিলিটি (Ductility)—টানিলে লম্বা হইবার গুণ বিশেষ
(তান্ত্বতা)।

ডিপোজিট (Deposit)—কার্যবস্তুর উপর গলিত ইলেকট্রোড হইতে সরবরাহিত ধাতু (অবক্ষেপ)।

ডিস্টোর্শন্ (Distortion) আকৃতির অব্যাহিত পরিবর্তন (বিকৃতি)।

ডি, পি এইচ. (D. P. H.)—ডায়মণ্ড পিরামিড হার্ডনেস্ (Diamond Pyramid Hardness)। 'ভিকাস' হার্ডনেস্ (Vicker's hardness) পরীক্ষায় নির্ণীত কাঠিগ্নের মান।

নন-ফেরাস (Non-ferrous)—লৌহেতর ধাতু। যেমন, তামা পিতল ইত্যাদি।

পেয়েন্ট মেটাল (Parent Metal)—মূল ধাতু বা কার্যবস্তু (job), যাহাকে ওয়েল্ড করিতে হইবে।

ফিলেট ওয়েল্ড (Fillet weld)—ত্রিকোণাকৃতি ছেদ ক্ষেত্র (cross section) সমন্বিত ওয়েল্ডিং।

ফিক্স্চার (Fixture)—কাজের সুবিধার জন্য কার্যবস্তুসমূহ নির্দিষ্টভাবে ধরিয়া রাখার যান্ত্রিক সরঞ্জাম।

ফিউশন্ ওয়েল্ডিং (Fusion Welding)—যে পদ্ধতিতে ধাতু গলাইয়া বিনা চাপে জোড়া দেওয়া হয়।

ফিউশন্ জোন (Fusion Zone)—ওয়েল্ডিং-এর সময় যে স্থান পর্যন্ত ধাতু গলিয়া যায়।

ফিউশন্ ফেস (Fusion Face)—ধাতুর যে স্থান গলাইয়া জোড়া দিতে হইবে।

ফেরাস (Ferrous)—যে ধাতব পদার্থের প্রধান উপাদান লৌহ।

ফ্লাক্স (Flux)—গলনীয় রাসায়নিক পদার্থ;—ইহা ধাতব অক্সাইড (Oxide), নাইট্রাইড (Nitride) এবং ধাতুর ভিতরে অব্যাহিত বস্তু সৃষ্টির বাধা দেয় অথবা উহাদিগকে মিশ্রিত করিয়া ধাতুমল (slag)-এ পরিণত করে।

বট্ ওয়েল্ডিং (Butt welding)—দুইটি ধাতুখণ্ডকে এক সমতলে মুখোমুখি রাখিয়া জোড়া লাগানর পদ্ধতি।

বাট্ জয়েন্ট (Butt joint)—দুইটি ধাতুখণ্ডকে এক সমতলে মুখোমুখি রাখিয়া ওয়েল্ড করিলে যে জোড় তৈরী হয়।

বিভেলিং (Beveling)—কার্য্যবস্তুর একধার ঢালু করিয়া কাটা।

বেয়ার ইলেক্ট্রোড (Bare electrode) বা নগ্ন ইলেক্ট্রোড—যে ইলেক্ট্রোডে ফ্লাক্স কোটিং বা আচ্ছাদন থাকে না।

বেস মেটাল (Base metal)—মূল ধাতু বা কার্য্যবস্তু (job), যাহাকে ওয়েল্ড করিতে হইবে।

ব্যাকিং স্ট্রিপ (Backing strip)—ওয়েল্ডিং-এর সুবিধার্থে জোড়ের নীচের দিকে ব্যবহৃত স্টীল, তামা, অ্যাস্বেষ্টোস্ ইত্যাদি কোন একটি পদার্থের অংশবিশেষ।

ব্রিনেল হার্ডনেস্ (Brinell Hardness)—ধাতুর কাঠিন্য প্রকাশের এক পদ্ধতির নাম। একটি বিশেষ পদ্ধতিতে ধাতুর কাঠিন্য পরীক্ষা করিয়া ব্রিনেল্ হার্ডনেস্ নাম্বার (বি-এইচ্-এন্—B.H.N.) মান নির্ণয় করা হয়।

ব্লো হোল (Blow hole)—ওয়েল্ডিং-এর উপর আবদ্ধ গ্যাসজনিত গর্ত।

ভি. পি. এন (V.P.N.)—ভিকার্স পিরামিড নাম্বার (Vicker's Pyramid Number):—ভিকার্স হার্ডনেস্ টেষ্ট (Vicker's hardness test) নামক পরীক্ষায় নির্ণীত কাঠিন্যের মান।

ভিস্কোসিটি (Viscosity)—(সান্ধ্রতা) তরল পদার্থের আঠালো ভাব বা ঘর্ষণ প্রতিরোধ ক্ষমতা (frictional resistance)।

মাল্টিরান ওয়েল্ড্ (Multirun weld)—যে ওয়েল্ডিং-এ একাধিক স্তরে ওয়েল্ডিং ধাতু সরবরাহ করা হয়।

মেটালিক আর্ক ওয়েল্ডিং (Metallic Arc Welding)—যে আর্ক ওয়েল্ডিংয়ে ধাতব ইলেক্ট্রোড ব্যবহার করা হয়।

ম্যালিয়েবল্ (Malleable)—পিটাইয়া চ্যাপ্টা করা যায় এইরূপ গুণ বিশেষ।

রুট ওপেনিং (Root Opening)—বাই ওয়েল্ডিংয়ে দুইটি প্লেটের মধ্যস্থিত সমান্তরাল ফাঁকা জায়গা।

লেগ্ (Leg)—ফিলেট ওয়েল্ডের মূল ধাতু খণ্ডের উপর ওয়েল্ড্ ধাতুর বিস্তৃতি ১১'১-৩ (খ), নং চিত্রে ফিলেট ওয়েল্ডিং-এ যাহার মাপ দেখান হইয়াছে তাহাই লেগ্।

ল্যাপ্ ওয়েল্ড্ (Lap Weld)—এই ওয়েল্ডিংয়ে একটি ধাতু খণ্ড অন্য ধাতুখণ্ডের উপর শায়িত অবস্থায় থাকে এবং একটির ধারের সঙ্গে অন্যটির গায়ে ফিলেট ওয়েল্ডিং করিয়া জোড়া দেওয়া হয় (চিত্র ৭'১ (খ) দ্রষ্টব্য)।

সারফেস্ টেনশান (Surface tension) বা তল-টান—দুইটি তরল বা বায়বীয় পদার্থের সাধারণ তলে (Interface) যে টান (tension) থাকে। মুখ খোলা কাঁচের সরু নলে জল থাকিলে জলের উপরিভাগ তল-টানের জন্য অবতল (Concave) থাকে।

স্পেসিমেন (Specimen)—নমুনা টেষ্ট্ পীস্ দ্রষ্টব্য।

হার্ড ফেসিং (Hard facing)—ওয়েল্ডিংয়ের সাহায্যে বিশেষ ইলেকট্রোড দ্বারা অপেক্ষাকৃত নরম ধাতুদ্রব্যের উপর কঠিন ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয়।

হার্ডেনিং (Hardening)—ধাতব পদার্থের কাঠিন্য বৃদ্ধি করিবার উপায়।

হিট্ অ্যাফেক্টেড্ জোন (Heat affected zone) বা তাপ-প্রভাবিত স্থান—ওয়েল্ডিং-এর উত্তাপে মূল ধাতুর যে অংশের গঠন ও গুণ পরিবর্তিত হয়।

হিট্ ট্রিটমেন্ট (Heat Treatment)—নিয়ন্ত্রিত ভাবে উত্তাপ প্রয়োগ এবং ঠাণ্ডা করিয়া ধাতব পদার্থের কাঠিন্য ও গুণাগুণ পরিবর্তন।

হেলমেট (Helmet)—ওয়েল্ডিং-এর ফুলিঙ্গ হইতে মাথা বাঁচানোর আবরণ।

হাণ্ড স্ক্রিন (Hand Screen), বা শীল্ড্ (Shield), বা কেস্

শীল্ড (Face shield) বা ঢাল—ওয়েল্ডিং করিবার সময় যে রঙিন ও সাদা কাঁচযুক্ত মুখাচ্ছাদন ব্যবহার করা হয়।



ফেস শীল্ড (Face Shield) বা ঢাল

তৃতীয় অধ্যায়

ইলেকট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং সম্বন্ধীয় জ্ঞান

প্রাথমিক ইলেকট্রিক্যাল ইউনিট (Basic electrical units) :

যে সমস্ত বৈজ্ঞানিক পরিমাপের একক (unit) বেশী চলতি, তাহাদের মধ্যে এম্পিয়ার, ভোল্ট, ওম এবং ওয়াট অন্তর্গত।

কারেন্টের পরিমাপ করা হয় এম্পিয়ারে (Ampere), চাপের পরিমাপ ভোল্টে (Volt), বৈজ্ঞানিক প্রবাহের প্রতিরোধ ওমে (Ohm) এবং বৈজ্ঞানিক শক্তির পরিমাপ করা হয় ওয়াটে (Watt)।

ইলেকট্রিক্যাল ইউনিট

নাম	একক	এককের চিহ্ন
কারেন্ট (I, i)	এম্পিয়ার (Ampere)	A, a, amp,
বৈদ্যুতিক চাপ (E, e, V, v)	ভোল্ট (Volt)	V
বৈদ্যুতিক প্রবাহ-প্রতিরোধ (Resistance) —রেজিস্ট্যান্স (R, r)	ওহম (Ohm)	Ω
বৈদ্যুতিক শক্তি (P)	ওয়াট (Watt) কিলোওয়াট (Kilowatt)	W Kw

৩.১. রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় :

বিদ্যুৎবাহী মাধ্যমের (Conductor) রেজিস্ট্যান্স (Resistance) নিম্নোক্ত সূত্র সাহায্যে নির্ণয় করা হয়,—

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

যেখানে ρ (রো) একমিটার লম্বা ও এক বর্গমিটার ছেদ ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট বিদ্যুৎ-পরিবাহীর 0°C (সেন্টিগ্রেডে) বিদ্যুৎ-প্রতিরোধশক্তি ;
L মিটারে বিদ্যুৎ-পরিবাহীর দৈর্ঘ্য, এবং A বর্গ মিলিমিটারে বিদ্যুৎ-পরিবাহীর ছেদ-ক্ষেত্রফল।

৩.২ ডি. সি. র জন্তু নিম্নোক্ত সূত্রগুলি প্রযোজ্য :—

$$\text{বৈদ্যুতিক শক্তি } P = V \cdot I, \text{ ওয়াট}$$

P, V, I এর অর্থ পূর্বোক্ত টেবিলে দেওয়া হইয়াছে।

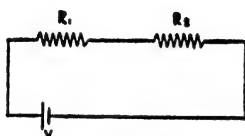
যেহেতু ওয়াট খুব ছোট একক, সেইজন্য কিলোওয়াটের প্রচলন ব্যবহারিক ক্ষেত্রে বেশী। 1 কিলোওয়াট = 1000 ওয়াট
ব্যয়িত শক্তির পরিমাণ (Energy) = V. I. t ওয়াট আওয়ার

$$= \frac{V \cdot I \cdot t}{1000} \text{ কিলোওয়াট-আওয়ার (KWH)}$$

যেখানে t ঘন্টার সময়ের পরিমাপ।

৩'২-১ 'ওহম' ল' (Ohm's law)— $I = \frac{V}{R}$

বিদ্যুৎ-প্রবাহের পথ সিরিজে (series), প্যারাল্যালে (parallel) অথবা সিরিজ-প্যারাল্যালে (series-parallel) থাকিতে পারে। এই সব ক্ষেত্রে সামগ্রিক প্রতিরোধের পরিমাণ নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

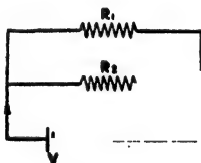


চিত্র নং—৩'২'১-১

সিরিজ সার্কিট (Series Circuit)

সামগ্রিক প্রতিরোধ $R = R_1 + R_2$

সুতরাং কারেন্ট $I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1 + R_2}$



চিত্র নং—৩'২'১-২

প্যারাল্যাল সার্কিট (Parallel Circuit)

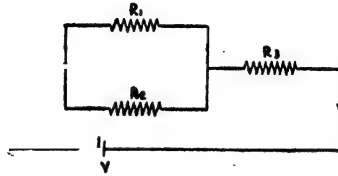
এখানে, $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$\therefore R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

সুতরাং কারেন্ট $I = \frac{V}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \cdot V$

সিরিজ-প্যারালল সার্কিট (Series-Parallel Circuit)

যদি R_1 ও R_2 র সামগ্রিক প্রতিরোধকে R' বলা হয়, তাহা হইলে,



চিত্র নং-৩২.১.৩

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

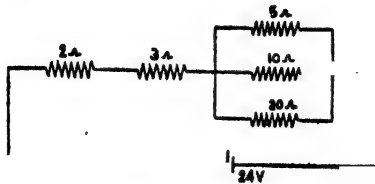
$$\therefore R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

বজ্রনীর সামগ্রিক প্রতিরোধকে যদি R বলা হয়, তবে,

$$R = R' + R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

$$\text{অতরাং কারেন্ট } I = \frac{V}{R} = \frac{V}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3}$$

উদাহরণ :



চিত্র নং ৩২.১.৪

সিরিজ-প্যারালল সার্কিট

উপরের অঙ্কিত বজ্রনীতে (Circuit) বিদ্যৎ-প্রবাহের পরিমাণ নির্ণয় কর।

$$\begin{aligned}\text{আমরা জানি, } \frac{1}{R'} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ &= \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{7}{20}\end{aligned}$$

$$\therefore R' = \frac{20}{7} \Omega$$

$$\begin{aligned}\text{সামগ্রিক প্রতিরোধ } R &= R_4 + R_5 + R' \\ &= 2 + 3 + \frac{20}{7} = \frac{55}{7} \Omega\end{aligned}$$

সুতরাং কারেন্ট বা বিদ্যুৎ-প্রবাহের পরিমাণ

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{\frac{55}{7}} = \frac{24 \times 7}{55} = 3.05 \text{ A}$$

৩'২-২ বৈদ্যুতিক উৎস সমূহ সিরিজ, প্যারালাল কিংবা সিরিজ প্যারালালে থাকিতে পারে। সে সব ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত উপায়ে বিদ্যুৎ-প্রবাহের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।



চিত্র নং—৩'২'২-১

বৈদ্যুতিক উৎস সিরিজে আছে

চিত্র নং—৩'২'২-২

বৈদ্যুতিক উৎস প্যারালালে আছে।

$$\text{সামগ্রিক বৈদ্যুতিক চাপ} = V = V_1 + V_2$$

$$\text{সুতরাং কারেন্ট} = I = \frac{V}{R} = \frac{V_1 + V_2}{R}$$

সামগ্রিক বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণ (I)

$$= V_1 \text{ বৈদ্যুতিক উৎসের জন্য বিদ্যুৎ-প্রবাহ } (I_1) + V_2 \text{ বৈদ্যুতিক উৎসের জন্য বিদ্যুৎ-প্রবাহ } (I_2)$$

V_1 এবং V_2 সমান না হইলে প্যারালালে সংযোগ করিলে অনেক জটিলতার সৃষ্টি হয়, যাহা এই পুস্তকের অলৌচ্য বিষয় বহির্ভূত।

$$\text{সামগ্রিক-বৈদ্যুতিক চাপ} = V = V_1 = V_2$$

$$\text{এবং কারেন্ট} = 1 = \frac{2V}{R}$$

সাধারণতঃ বৈদ্যুতিক উৎস সিরিজে সংযুক্ত হয় যখন প্রয়োজনীয় বৈদ্যুতিক চাপ একটির বৈদ্যুতিক উৎসের চাপের চেয়ে অধিক। প্যারালালে সংযোগ তখন করা হয় যখন বেশী পরিমাণ বিদ্যুৎ-প্রবাহ দরকার যাহা একটি উৎস হইতে পাওয়া সম্ভব নয়। ওয়েলডিং-এ বেশী পরিমাণ বিদ্যুৎ-প্রবাহের জন্য বৈদ্যুতিক উৎস প্রায়শঃই প্যারালালে সংযুক্ত করা হয়।

৩.৩ এ.সি. বর্ত্তনীতে বিদ্যুৎ-প্রতিরোধ,—ওম্‌স্‌ ল'

এ. সি. বর্ত্তনীতে বিদ্যুৎ-প্রতিরোধ (Resistance) ব্যতীত ৩ ইন্ডাক্ট্যান্স (Inductance) ও ক্যাপাসিট্যান্স (Capacitance)-এর বিরুদ্ধে বিদ্যুৎ-কে প্রবাহিত হইতে হয়। পরিবাহীর (Conductor) ভিতর এ. সি. কারেন্ট প্রবাহিত হইলে পরিবাহীর চারিপাশে কম্পমান (Alternating) চুম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়—যাহার জন্য পরিবাহীর ভিতর সেল্ফ-ইন্ডাক্সন্-ঘটিত বৈদ্যুতিক চাপের সৃষ্টি হয়। এই বৈদ্যুতিক চাপ বাহ্যিক উৎসের চাপের বিরুদ্ধে কাজ করে। বাহ্যিক উৎসের বৈদ্যুতিক চাপের যে পরিমাণ অংশ সেল্ফ-ইন্ডাক্সন্ (self induction) ঘটিত বৈদ্যুতিক চাপকে নিষ্ক্রিয় করে, তাহাকে ইন্ডাক্টিভ ভোল্টেজ ড্রপ (Inductive Voltage drop) বলে।

$$\text{সেল্ফ-ইন্ডাক্সন্-ঘটিত বৈদ্যুতিক চাপের পরিমাণ} = E_L$$

$$E_L = 2\pi fLI$$

যেখানে L = বস্তু'নীর ইন্ডাক্সনের পরিমাণ 'হেনরীতে' (Henry)

$$= \frac{\phi}{I}$$

f = অল্টারনেটিং কারেন্টের সেকেন্ডে দিক পরিবর্তনের সংখ্যা
(frequency) ।

π = একটি ধ্রুবক, মান $\frac{22}{7}$ অথবা 3.14 প্রায় ।

I = কারেন্টের পরিমাণ অ্যাম্পিয়ারে ।

ϕ (ফ্লাই) = ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স (Magnetic flux) যদি

$$2\pi fL = X_L \text{ হয় তবে } E_L = X_L \cdot I$$

এ. সি. বস্তু'নীতে ওম্সের নিয়মকে আমরা নিম্নলিখিত ভাবে ব্যবহার করিতে পারি ।

$$I = \frac{E_L}{X_L} = \frac{V_L}{X_L}$$

যেখানে V_L = ইন্ডাক্ট্যান্সযুক্ত বস্তু'নীতে প্রযুক্ত বৈদ্যুতিক চাপ

X_L = বস্তু'নীর ইন্ডাক্টিভ্ রি-এ্যাকট্যান্স (Inductive reactance) ।

কুণ্ডলীকৃত তারে ইন্ডাক্ট্যান্স সাধারণতঃ খুব বেশী হয় ।

ক্যাপাসিট্যান্সযুক্ত এ. সি. বস্তু'নীতে ওম্সের নিয়ম হইল,

$$I = \frac{V_C}{X_C}$$

যেখানে, V_C = ক্যাপাসিট্যান্সযুক্ত বস্তু'নীতে প্রযুক্ত বৈদ্যুতিক চাপ ।

X_C = বস্তু'নীর ক্যাপাসিটিভ্ রি-এ্যাকট্যান্স (Capacitive reactance)

ক্রিকোরেলি বাড়িলে X_L আনুপাতিক ভাবে বাড়ে এবং X_C

কমে অর্থাৎ $X_L \propto f$ এবং $X_C \propto \frac{1}{f}$ (\propto = আনুপাতিক)

শুধু প্রতিরোধ যুক্ত (Pure resistance) এ. সি. বস্তু'নীতে

কারেন্ট ও ভোল্টেজ একই ডালা (Phase) থাকে। যদি বস্তুনীতে রেজিষ্ট্যান্স, ইন্ডাকট্যান্স দুইই থাকে, তবে বৈজ্ঞানিক চাপ বিদ্যুৎ প্রবাহের আগে ভাগে প্রবাহিত হয় (৩'৩-২ চিত্র)।

যদি বস্তুনীতে রেজিষ্ট্যান্স ও ক্যাপাসিট্যান্স থাকে তবে কারেন্ট ভোল্টেজের আগে ভাগে প্রবাহিত হয় (৩'৩-১ চিত্র)।



চিত্র নং—৩'৩-১

রেজিষ্ট্যান্স ও ক্যাপাসিট্যান্স সার্কিটে
ভোল্টেজ ও কারেন্ট পারস্পরিক
অবস্থান



চিত্র নং—৩'৩-২

রেজিষ্ট্যান্স ও ইন্ডাকট্যান্স সার্কিটে
ভোল্টেজ ও কারেন্ট পারস্পরিক
অবস্থান

এ. সি. বস্তুনীতে কারেন্ট ও ভোল্টেজ উভয়ই দ্রুত পরিবর্তিত হয় এবং তাহাদের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন পরিমাণ একই সঙ্গে নাও সংঘটিত হইতে পারে—(৩'৩-৩ নং চিত্র)।

সাইনুসয়ডাল (sinusoidal) অলটারনেটিং কারেন্টের ক্ষেত্রে শক্তিকে নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায়।

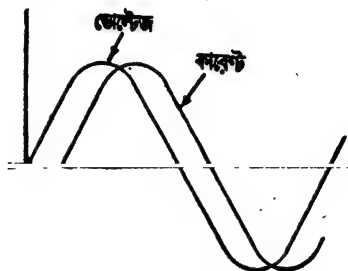
$$\text{শক্তি (Power), } P = VI \cos \theta$$

যেখানে θ = কারেন্ট ও ভোল্টেজ ভেক্টরের অন্তর্গত কোণ (৩'৩-২ চিত্র)।

যদি রেজিষ্ট্যান্সমূলক এ. সি. বস্তুনীতে $\theta = 0$, সেক্ষেত্রে $\cos \theta = 1$

$$\therefore P = V \cdot I$$

এই $\cos \theta$ কে পাওয়ার ফ্যাক্টর (power factor সংক্ষেপে P. F.) বলে।



চিত্র নং—৩'৩-৩

এই প্রসঙ্গে বলা যায়, ওয়েল্ডিং ট্রান্সফরমারে খুব বেশী X_L থাকে, যাহার জন্য পাওয়ার ফ্যাক্টর খুব কম হয়।

৩'৪ বৈদ্যুতিক প্রবাহ-জনিত তাপজন্ম:

বিদ্যুৎ-প্রবাহের জন্য তাপ উৎপাদনের পরিমাণ

$$H = 0.24 I^2 R t \text{ ক্যালরি}$$

যেখানে $t =$ সেকেন্ডে সময়ের পরিমাপ।

আর্ক-ওয়েল্ডিংয়ে বৈদ্যুতিক প্রতিরোধ নির্ণয় করা হয় না। এই ক্ষেত্রে আর্কের বৈদ্যুতিক চাপের পরিমাণ ও বস্তুদ্বারা কারেন্টের পরিমাপ করা সহজতর। এই ক্ষেত্রে তাপের পরিমাণ

$$H = 0.24 V I t \text{ ক্যালরি}।$$

উদাহরণ স্বরূপ বলা যাইতে পারে, বস্তুদ্বারা কার্যকারী ফিউজ (Fuse) এই বিদ্যুৎ-প্রবাহজনিত তাপজন্মের উপর নির্ভর করিয়া কাজ করে। বিদ্যুৎ-পরিবাহীর ছেদ-ক্ষেত্রফল (cross-section) যত বেশী হইবে, অতিরিক্ত উত্তপ্ত না হইয়া তত বেশী দীর্ঘায় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে পারিবে।

বিভিন্ন ধরণ ও আকারের বিদ্যুৎ-পরিবাহীর বিভিন্ন বিদ্যুৎ-প্রবাহ-ক্ষমতা থাকে। এই বিদ্যুৎ-প্রবাহ মাত্রা অতিক্রম করিলে অনাচ্ছাদিত বিদ্যুৎ-পরিবাহী বিপদজনকভাবে উত্তপ্ত হয় এবং যদি বিদ্যুৎ পরিবাহী বিদ্যুৎ-প্রবাহ-নিরোধক আচ্ছাদনযুক্ত হয়, তবে উত্তাপের আধিক্যেহেতু উক্ত আচ্ছাদন নষ্ট হইয়া যায়।

৩.৫ বিদ্যুৎ-শক্তিকল্পিত চুম্বকত্ব (Electro-magnetism) :

পরিবাহীর মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইলে তাহার চারিপাশে চুম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। পরিবাহীটি যদি সোজা তারের পরিবর্তে কুণ্ডলীকৃত অবস্থায় থাকে, তবে চুম্বকক্ষেত্র বহুলাংশে ক্রোরালো হয়। এই কুণ্ডলীকৃত পরিবাহীকে সলিনয়েড (solenoid) বলে।



চিত্র নং—৩.৫-১ সরল পরিবাহী



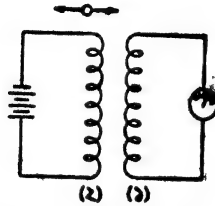
চিত্র নং—৩.৫-২ সলিনয়েড

তারের কুণ্ডলীর (solenoid) ভিতর কাঁচা লোহা স্থাপন করা হইলে ইহা ইলেকট্রো-ম্যাগনেট (Electro-magnet) পরিণত হয়।

আবার, বিদ্যুৎ-পরিবাহী ও চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে আড়াআড়ি ভাবে আপেক্ষিক গতি থাকিলে পরিবাহীতে বৈদ্যুতিক চাপের সৃষ্টি হয় এবং এই পরিবাহী বস্তু/নী-সংযুক্ত হইলে সেই বস্তু/নীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘটে।

যদি দুইটি কুণ্ডলীকৃত বস্তু/নী (১) এবং (২) পাশাপাশি রাখা যায় এবং একটি বস্তু/নীর (২) ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহিত করা হয় এবং দুইটি বস্তু/নীর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকে, তাহা হইলে ১নং বস্তু/নীতে বৈদ্যুতিক চাপের উত্ত্ব ঘটে। কুণ্ডলীকৃত পরিবাহীদ্বয়কে স্থির রাখিয়া

যদি ২নং বক্সানীতে বিদ্যুৎ-প্রবাহের তারতম্য খটানো বন্ধ অথবা বারবার বক্সানীকে বৃদ্ধ (close) এবং বিবৃদ্ধ (open) করা হয়, তাহা হইলেও ১নং বক্সানীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের সৃষ্টি হইবে। ইহাকে মিউচুয়াল ইন্ডাকশন (Mutual induction) বলে।



চিত্র নং—৩৫-৩ মিউচুয়াল ইন্ডাকশন

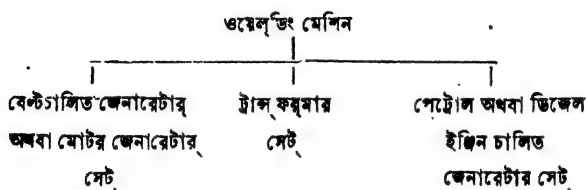
যদি এমন হয় যে, একটি কুণ্ডলীকৃত তারের বক্সানীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের তারতম্য ঘটে অথবা বক্সানীটি কখনও বৃদ্ধ (close) কখনও বিবৃদ্ধ (open) হয়, তবে তাহার জন্ম পরিবাহীতে চুম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি-জনিত বিদ্যুৎ-চাপের সৃষ্টি হয়। এই বিদ্যুৎ-চাপকে সেল্ফ ইনডিউসড (self-induced) বিদ্যুৎ-চাপ (e. m. f.) বলা হয়।

উপরোক্ত সূত্রসমূহের উপর ভিত্তি করিয়া জেনারেটার, অল্টারনেটার, মোটর এবং ট্রান্সফর্মার ইত্যাদির সৃষ্টি হইয়াছে।

চতুর্থ অধ্যায়

আর্ক ওয়েল্ডিং মেশিন ও যন্ত্রপাতি

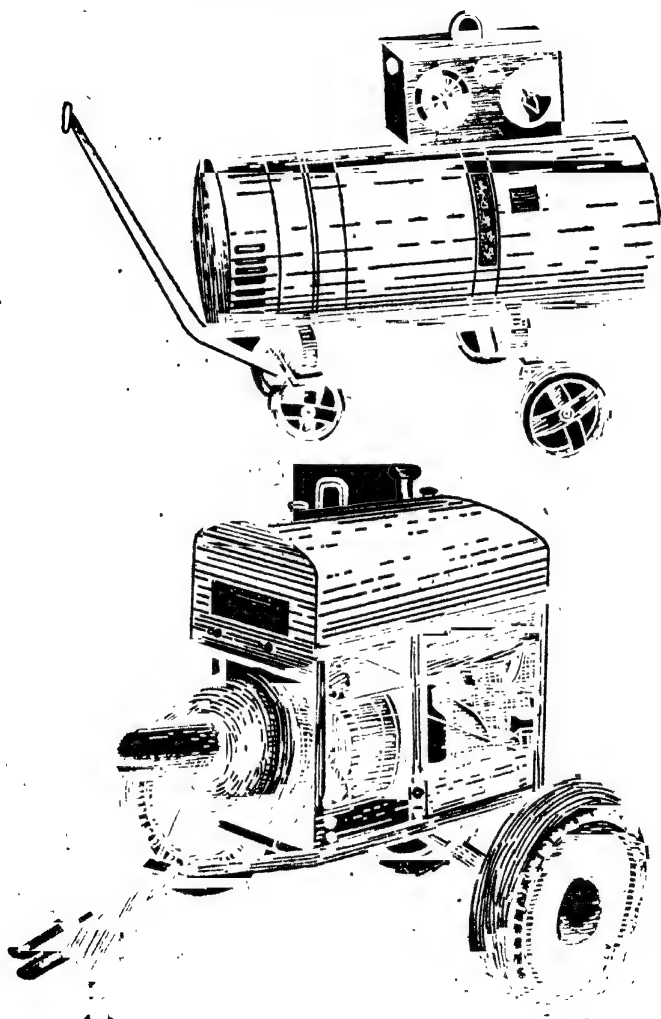
৪ • ওয়েল্ডিং মেশিন



প্রধানতঃ যে প্রকারের বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যাইবে, ওয়েল্ডিং সেটও সেই অনুযায়ী নির্ধারিত করিতে হইবে। যদি এ সি. পাওয়া যায়, তবে ট্রান্সফর্মার এবং মোটর জেনারেটর্ সেট, দুইই ব্যবহার করা যায়। বিদ্যুৎ সরবরাহ ডি সি হইলে মোটর জেনারেটর্ সেটই একমাত্র ব্যবহার করা যায়। বিদ্যুৎ সরবরাহ যদি না থাকে, তবে পেট্রোল অথবা ডিজেল ইঞ্জিন চালিত জেনারেটর্ সেট লইতে হইবে।

কত কার্যক্ষমতাসম্পন্ন মেশিন প্রয়োজন, তাহা কাজের ধরনের উপর নির্ভর করে। খুব ভারী কাজের জন্য ডবল অপারেটর্ সেট (Double operator set) ব্যবহার করা যায়—যাহা সময় সময় বেশী কারেন্টের জন্য প্যারালাল সংযুক্ত করা যায় এবং অপেক্ষাকৃত লঘু কাজের ক্ষেত্রে পৃথকভাবে দুইটি ওয়েল্ডিং এর জন্য একই সময়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে পারে। সাধারণত মাইল্ড স্টীল (Mild steel) ওয়েল্ডিং এর জন্য ট্রান্সফর্মার সেট অপেক্ষাকৃত কম ব্যয়সাপেক্ষ। কোন কোন বাতু যেমন এলুমিনিয়াম এবং মিশ্রবাতু যেমন স্টেইনলেস স্টীল (Stainless steel) প্রকারের অর্থাৎ ডি. সি. তে উত্তমরূপে ওয়েল্ডিং

৪'০-১ মোটর জেনারেটর সেট

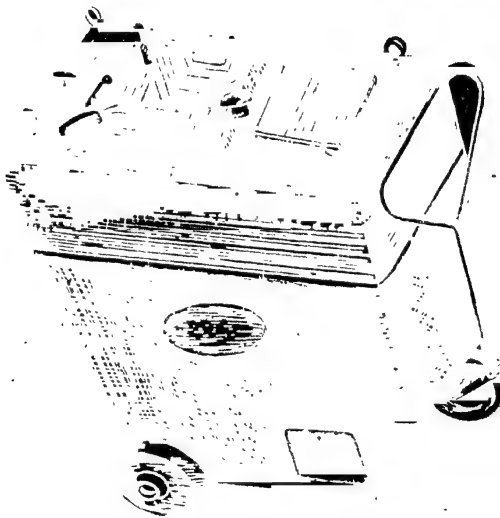


৪'০-২ ইলেক্ট্রিক লাইট সেট

করা যায়। এইসব ক্ষেত্রে মোটর-জেনারেটর সেট অথবা ইঞ্জিন-চালিত সেট ব্যবহার অধিকতর যুক্তিসঙ্গত।

এ. সি. সরবরাহ থাকিলেও সময় সময় ট্রান্সফরমার সেট ব্যবহার করা যায় না। ট্রান্সফরমার সেট ব্যবহার করিতে হইলে স্থানীয় বিদ্যুৎ-সরবরাহ কর্তৃপক্ষের অনুমতির প্রয়োজন।

এ. সি. দ্বারা ওয়েল্ডিং করিতে আর্ক সৃষ্টি করিবার জন্য স্ট্রাইকিং ভোল্টেজ (Striking voltage) বা ওপেন সার্কিট ভোল্টেজ (Open circuit voltage) ৬০ হইতে ৮০ ভোল্ট এবং ডি. সি. তে



চিত্র ৪০-৩ ট্রান্সফরমার সেট

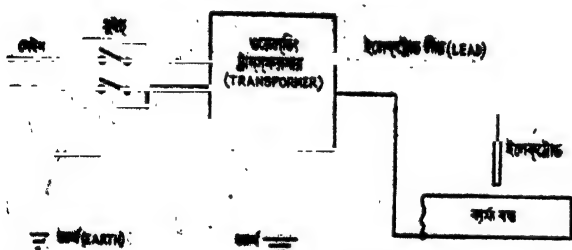
ন্যূনপক্ষে ৪০ ভোল্ট হওয়া দরকার। ত্রি-ফেজ (Three phase) ওয়েল্ডিং ট্রান্সফরমারে সাধারণতঃ ৪০০ ভোল্ট প্রয়োগ করা হয় এবং এই ভোল্টেজকে কমাইয়া ট্রান্সফরমার উপরোক্ত ট্রাইকিং ভোল্টেজ সরবরাহ করে। এই প্রকার ট্রান্সফরমারকে স্টেপ ডাউন Step

down) ট্রান্সফরমার বলা হয়। সর্বোচ্চ কারেন্ট বিভিন্ন ট্রান্সফরমারের জন্য সীমিত।

৪.১ আর্ক ভোল্টেজ (Arc voltage)

ওয়েল্ডিং-এর সময় আর্কের দুই প্রান্তের মধ্যে বৈদ্যুতিক চাপের ব্যবধানকে আর্ক ভোল্টেজ বলে। আর্কের দৈর্ঘ্য ও ইলেক্ট্রোডের প্রকারভেদের উপর আর্ক ভোল্টেজ নির্ভর করে। আর্কের দৈর্ঘ্য কমিলে আর্ক ভোল্টেজ কমে এবং বাড়িলে বাড়ে।

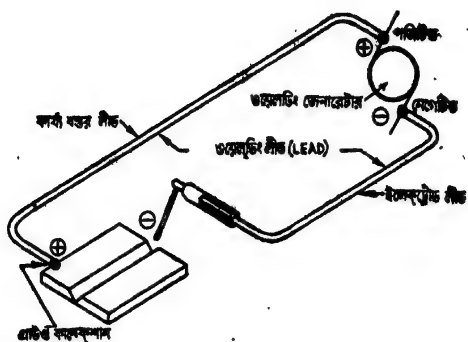
৪.২ ওয়েল্ডিং বস্তুনা (Welding circuit)



চিত্র ৪.২-১. ওয়েল্ডিং বস্তুনা

ওয়েল্ডিং করিবার সময় ওয়েল্ডিং সেট উপরে অঙ্কিত ৪.২-১নং চিত্রানুসারে মেনলাইন, কার্য্যবস্তু এবং ইলেক্ট্রোড সংযুক্ত করিতে হয়।

ডি.সি. ওয়েল্ডিং জেনারেটর সহযোগে নয় অথবা হাল্কা আচ্ছাদন বস্তু (Light coated) ইলেক্ট্রোড দ্বারা ওয়েল্ডিং করিবার সময় কার্য্যবস্তুকে পজিটিভ (+) এবং ইলেক্ট্রোডকে নেগেটিভ (-) প্রান্তের সঙ্গে সংযুক্ত করিতে হয়। এই অবস্থাকে স্ট্রেইট পোলারিটি (Straight polarity) বলে (৪.২-২ নং চিত্র)



চিত্র ৪'২-২ স্ট্রেট পোলারিটি ওয়েল্ডিং যন্ত্রাণী

শতকরা ৬০ হতে ৭৫ ভাগ উত্তাপ বস্ত্র'নীর পজিটিভ প্রান্তে এবং শতকরা ৪০ হইতে ২৫ ভাগ নেগেটিভ প্রান্তে উৎপন্ন হয়। যেহেতু কার্যবস্তুর ভর ইলেকট্রোডের ভর হইতে বেশী, কার্যবস্তুতে এমন উত্তাপ সৃষ্টি বাঞ্ছনীয়—যাহাতে কার্যবস্তু এবং ইলেকট্রোড একই সঙ্গে গলিত হইতে পারে। সেইজন্য কোন কোন বিশেষ আচ্ছাদনযুক্ত লৌহ ও লৌহতর ইলেকট্রোড সহযোগে ওয়েল্ডিং করিবার সময় কার্যবস্তুকে নেগেটিভ এবং ইলেকট্রোডকে পজিটিভ প্রান্তের সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এই অবস্থাকে রিভার্স পোলারিটি (Reverse polarity) বলে। এইরূপ সংযোগের জন্য আধুনিক ওয়েল্ডিং জেনারেটোরের প্রায়শঃই রিভার্স পোলারিটি সুইচ থাকে।

এ. সি. সহযোগে ওয়েল্ডিংএর সময় পোলারিটি বলিয়া কোন বস্তু নাই, কারণ সেখানে কারেন্টের প্রবাহ অবিরাম দিক-পরিবর্তনশীল। সেইজন্য এ. সি. মেশিন সর্বপ্রকার ওয়েল্ডিংএর উপযোগী নয়। উদাহরণ স্বরূপ—নয় ইলেকট্রোড সহযোগে ওয়েল্ডিং এ. সি. মেশিন দ্বারা হয় না।

যদি মেশিনে পজিটিভ অথবা নেগেটিভ পোলারিটি দেখা না থাকে, তবে নিম্নলিখিত উপায়ে তাহা জানা যায়,—

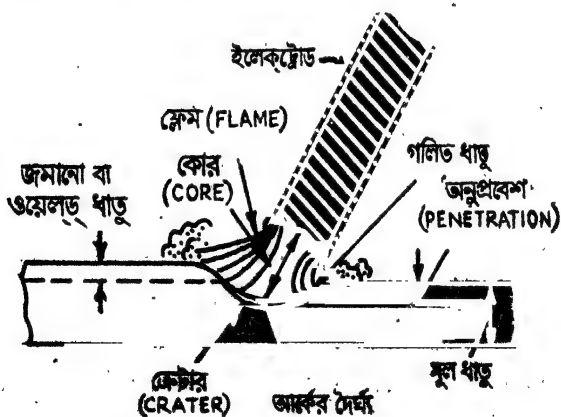
(১) কার্বন ইলেক্ট্রোড দ্বারা আর্ক সৃষ্টি করিয়া যদি ইলেক্ট্রোডকে কার্যবস্তু হইতে দূরে সরাইবার সময় খুব সহজভাবে আর্কটিকে সংরক্ষণ করা যায়, তবে বুদ্ধিতে হইবে যে স্ট্রোট পোলারিটিতে সংযোগ করা হইয়াছে।

(২) এসিড, এ্যালক্যালি অথবা লবণযুক্ত জলে প্রাস্তব্ধ প্রবেশ করাইলে যে প্রাস্তে বেশী গ্যাস উৎপন্ন হয়, তাহা নেগেটিভ প্রাস্ত বুদ্ধিতে হইবে।

পঞ্চম অধ্যায়

ইলেক্ট্রিক আর্ক

৫° সাধারণতঃ বায়ুর ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে পারে না; কিন্তু বৈজ্যতিক চাপমাত্রা যদি বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে



চিত্র ৫°—১ ইলেক্ট্রিক আর্ক

উহা বায়ুর উপাদানকে জালিয়া আনয়ন (Ion) এবং ইলেক্ট্রন এ

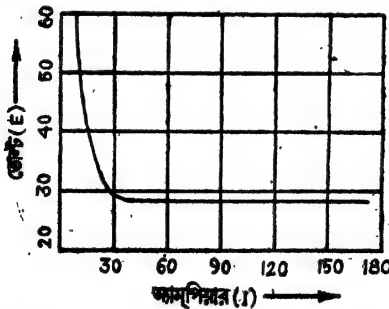
(Electron) পরিণত করিয়া বায়ুস্তরকে বিছাৎবাহী করিয়া তোলে। ইহাকে আয়নাইজেশন বলে।

আর্ক ওয়েল্ডিং-এ পূর্ব অঙ্কিত চিত্রানুসারে ইলেক্ট্রোড্, এবং কার্যাবস্তুকে সংযুক্ত করা হইলে ইলেক্ট্রোড্, হইতে ইলেকট্রন নির্গত হইয়া প্রবলবেগে কার্যাবস্তুর দিকে ধাবিত হয়। এই ইলেকট্রনগুলি বায়ুর অণু পরমাণুর সঙ্গে ধাক্কা খাইয়া বায়ুকে আয়নাইজ্ করিয়া বিছাৎবাহী করিয়া তোলে। ইহা বজ্রনীতে কারেন্টের প্রবাহ অপ্রতিহত রাখে এবং আর্কসংরক্ষণ করে।

আর্কসংরক্ষণের জন্য একটি নির্দিষ্ট সর্বনিম্ন বৈদ্যুতিক চাপের প্রয়োজন। উহা নিম্নোক্ত কারণগুলির উপর নির্ভর করে,

- (১) ইলেক্ট্রোডের ধাতু
- (২) আর্কের দৈর্ঘ্য
- (৩) ফাঁক গ্যাসের প্রকৃতি
- (৪) কারেন্ট

আর্কের বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেন্টের সম্পর্ক নির্দিষ্ট ওয়েল্ডিং মেশিনের ক্ষেত্রে রেখ-চিত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। এই সম্পর্ক বিভিন্ন মেশিনের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ভিন্ন ভিন্ন হয়।



চিত্র ৫'০২ বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেন্টের রেখ-চিত্র

উদাহরণস্বরূপ 'সেইরপ' একটি রেখচিত্র উপরে দেওয়া হইল। ইহা হইতে বুঝা যায়, এক্ষেত্রে প্রথমে কারেন্ট বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে

ভোল্টেজ্ খুব তাড়াতাড়ি ৩০ ভোল্ট পর্যন্ত নামিয়া আসিয়াছে, কিন্তু তারপর আরও কারেন্ট বাড়িলে ভোল্টেজের পরিমাণ প্রায় একই রহিয়া গিয়াছে।

বৈজ্ঞানিক আর্ক অত্যন্ত নমনীয় বিদ্যুৎ পরিবাহক। নানাকারেণে ইহা দিগ্ভ্রষ্ট হইতে পারে। আর্কের পথ সাধারণতঃ ইলেকট্রোডের দৈর্ঘ্যের বরাবর থাকে। ইহার চারিপাশে যে চুম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়, তাহা আর্ককে বাঁকাইয়া দিতে চেষ্টা করে। ইহাকে আর্ক-ব্লো (Arc-blow) বলে। আর্ক-ব্লো ওয়েল্ডিং এর কাজে যথেষ্ট ব্যাঘাত সৃষ্টি করে। ইহার ফলে ঠিক যে জায়গায় গলিত ধাতু পড়া দরকার, সেখানে না পড়িয়া অন্যস্থানে গিয়া পড়ে। বিশেষতঃ যখন বেশী কারেন্ট সহযোগে ওয়েল্ডিং করা হয়, তখন আর্ক ব্লো ঘটিবার সম্ভাবনা বেশী।

আর্ক ব্লো নিম্নোক্ত উপায়ে কমান যায়,—

- (১) আর্কের দৈর্ঘ্য কমানিয়া
- (২) কার্যবস্তুতে ভূমিসংযোগ (Earthing)—যেখানে ওয়েল্ডিং হইতেছে তাহার নিকটে সংযোগ করিয়া
- ৩) আর্ক ব্লোর দিকে ইলেকট্রোড বাঁকাইয়া
- (৪) কার্যবস্তু ও ইলেকট্রোডের অন্তর্ভুক্ত কোণ কমানিয়া অথবা বাড়াইয়া
- (৫) সম্ভব হইলে মোটা আচ্ছাদনযুক্ত ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া

আর্কের কাছাকাছি লৌহজাতীয় কোন বস্তু থাকিলে ইহা আর্ককে নিজের দিকে টানিয়া বাঁকাইয়া দিতে চেষ্টা করে। কোন কোন ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিংএর সময় যে গরম গ্যাসের সৃষ্টি হয়, তাহাও আর্ককে বাঁকাইয়া দিতে পারে। ইহা খাড়া দেওয়ালে, ছিত্রের ভিতর এবং বাট্ ওয়েল্ডের প্রথম বীডে (Bead) বিশেষভাবে ঘটিয়া থাকে।

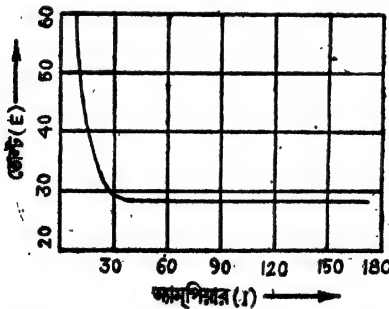
(Electron) পরিণত করিয়া বায়ুস্তরকে বিছাৎবাহী করিয়া তোলে। ইহাকে আয়নাইজেশন বলে।

আর্ক ওয়েল্ডিং-এ পূর্ব অঙ্কিত চিত্রানুসারে ইলেকট্রোড্, এবং কার্যাবস্তুকে সংযুক্ত করা হইলে ইলেকট্রোড্, হইতে ইলেকট্রন নির্গত হইয়া প্রবলবেগে কার্যাবস্তুর দিকে ধাবিত হয়। এই ইলেকট্রনগুলি বায়ুর অণু পরমাণুর সঙ্গে ধাক্কা খাইয়া বায়ুকে আয়নাইজ্ করিয়া বিছাৎবাহী করিয়া তোলে। ইহা বস্তুদ্বয়ের কারেন্টের প্রবাহ অপ্রতিহত রাখে এবং আর্কসংরক্ষণ করে।

আর্কসংরক্ষণের জন্য একটি নির্দিষ্ট সর্বনিম্ন বৈদ্যুতিক চাপের প্রয়োজন। উহা নিম্নোক্ত কারণগুলির উপর নির্ভর করে,

- (১) ইলেকট্রোডের ধাতু
- (২) আর্কের দৈর্ঘ্য
- (৩) ক্যাক গ্যাসের প্রকৃতি
- (৪) কারেন্ট

আর্কের বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেন্টের সম্পর্ক নির্দিষ্ট ওয়েল্ডিং মেশিনের ক্ষেত্রে রেখ-চিত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। এই সম্পর্ক বিভিন্ন মেশিনের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ভিন্ন ভিন্ন হয়।



চিত্র ৫'০২ বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেন্টের রেখ-চিত্র

উদাহরণস্বরূপ 'সেইরপ' একটি রেখচিত্র উপরে দেওয়া হইল। ইহা হইতে বুঝা যায়, এক্ষেত্রে প্রথমে কারেন্ট বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে

ধাকে। প্রয়োজন অনুসারে ও ক্ষেত্র বিশেষে মূল তার এবং আবরণের উপাদান বিভিন্ন প্রকারের হয়।

আবরণের উপাদান অত্যন্ত জটিল এবং বিভিন্ন জৈবিক (Organic) ও খনিজ (mineral) পদার্থের সমন্বয়ে প্রস্তুত। প্রত্যেক উপাদান সুনির্দিষ্ট ভাবে কাজ করে—যেমন আর্কের সৃজন, আর্কের স্থায়ীকরণ, ধাতুমল সৃষ্টি ইত্যাদি।

৬.২ আচ্ছাদনের বৈদ্যুতিক কার্যকারিতা (Electrical function of coating)

আর্কের অস্তিত্ব এ্যানোড (Anode) ও ক্যাথোডের (Cathode) মধ্যে বায়ুর আয়নায়িত (ionised) অবস্থার উপর নির্ভর করে। কারেন্টের পরিমাণ বাড়িবার সঙ্গে বৈদ্যুতিক প্রতিরোধ কমিয়া যাইবার জন্য আর্ক স্থায়ী হইতে পারে না। সুতরাং আর্কের স্থায়িত্বের জন্য বর্ত্তনীতে প্রতিরোধ (Circuit Resistance অথবা Reactance) দিতে হইবে যাহার দ্বারা কারেন্টের দ্রুত হ্রাস বৃদ্ধি প্রতিহত হয়। নিম্নলিখিত কারণগুলি আর্কের স্থায়িত্বকে প্রভাবিত করে।

(ক) ওপন সার্কিট ভোল্টেজ—এ. সি. বর্ত্তনীতে (Circuit) বেশী ষ্ট্রাইকিং ভোল্টেজ (Striking voltage) দরকার।

(খ) ধাতুর আয়নায়িত করার ক্ষমতা।

(গ) থার্মো/আয়নিক বিচ্ছুরণ (Thermo-ionic emission)

(ঘ) তাপ পরিবহণ ক্ষমতা।

এ. সি আর্কের জন্য বেশী আয়নায়িত (highly ionised) মাধ্যমের প্রয়োজন; সেইজন্য আচ্ছাদনের সোডিয়াম, পটাশিয়াম অথবা ঐ জাতীয় যৌগিক পদার্থ উপাদান হিসাবে অবশ্যই থাকিবে। অন্যান্য উপাদান বিশেষভাবে সিলিকেট (Silicate, কার্বনেট (Carbonate), আয়রন অক্সাইড (Iron oxide), টাইটানিয়া (Titania), থোরিয়াম (Thorium) ইত্যাদি আর্ক সৃষ্টি ও সংরক্ষণে সাহায্য করে।

৩.৩। আচ্ছাদনের প্রাকৃতিক কার্যকারিতা (Physical function of coating)

বিভিন্ন অবস্থায় ওয়েল্ডিং করিবার সুবিধার জন্য আচ্ছাদনের উপকারিতা আছে। আচ্ছাদনের প্রকার ভেদে ওয়েল্ডিং (welding contour) উত্তল (convex) বা অবতল (concave) হইয়া থাকে। জাহা দুইটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে—(ক) আচ্ছাদনের প্রকৃতি—যাহা গলিত ধাতুমলের প্রবাহকে প্রভাবিত করে এবং (খ) আচ্ছাদনের বেষ।

বিভিন্ন অবস্থায় ওয়েল্ডিং করা তখনই সম্ভব যখন আচ্ছাদন-জনিত গ্যাস কিংবা বাষ্প গলিত ধাতুকে আবৃত করিয়া রাখে। গলিত ধাতু-মলকে ওয়েল্ডিং পুলকে ধরিয়া রাখিতে হইবে এবং ইহার জন্য ধাতুমলের “সারফেস টেনশন” (Surface tension) প্রয়োজন। ওয়েল্ডিং ধাতুকে রক্ষা করার জন্য ধাতুমলের “ভিস্কসিটি” (Viscosity) প্রয়োজন।

অধিকন্তু ধাতুমলের ভিস্কসিটির উপর ধাতু ও ধাতু-মলের পারস্পরিক প্রতিক্রিয়া নির্ভর করে। এই কারণে ধাতু-মল হইতে ম্যাঙ্গানিজ কিংবা অম্ল মিশ্রিত ধাতুকে ওয়েল্ড-ধাতুতে স্থানান্তরিত করিতে এবং ওয়েল্ড ধাতু হইতে সালফার (গন্ধক) ও কস্ফরাস দূরীভূত করার জন্য কম ভিস্কসিটি সম্পন্ন ধাতু-মলের সৃষ্টি বাঞ্ছনীয়। এই রকম ধাতুমল বেসিক কোটেড্ (Basic coated) ইলেকট্রোডে পাওয়া যায়।

জটিল্য-বে, এসিড কোটেড্ (acid coated) ইলেকট্রোড-নিঃসৃত ধাতুমলের ভিস্কসিটি 1250° হইতে 1350° সেন্টিগ্রেড পর্য্যন্ত বেশী থাকে এবং তাপাক বৃদ্ধির সঙ্গে ইহা হ্রাস পায়। এসিড্ ফেল্ডস্পার (acid feldspar) ভিত্তিক ধাতুমলের 1200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ভিস্কসিটি বেশী থাকে কিন্তু তাপমাত্রা আরও সামান্য বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহা ক্রম হ্রাস পায় এবং 1800° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ভিস্কসিটি কোটেড্ ধাতুমলের পর্যায়ে পৌঁছায়।

৬.৪ আচ্ছাদনের ধাতব কার্যকারিতা (Metallurgical function of coating) :

আর্ক-স্থিতিকারক ও রাসায়নিক ধাতুমল গঠনের সাহায্যকারী উপাদানসমূহ ছাড়াও আচ্ছাদনে রিডিউসিং এজেন্ট (Reducing agent) এবং উপযুক্ত যৌগিক ধাতু বিদ্যমান। এইসব যৌগিক পদার্থ ওয়েল্ডিং-এর সময় গলিত ধাতুর সহিত মিশিয়া ওয়েল্ডিং-এর শক্তি বৃদ্ধি করে।

ওয়েল্ডিং-এর সময় উৎপন্ন ধাতুমল গলিত ধাতুকে দুই ভাবে রক্ষা করে—বায়ুর সংস্পর্শ হইতে দূরে রাখিয়া অথবা রিডিউসিং গ্যাস (Reducing gas) এর সৃষ্টি করিয়া—যেমন হাই-সেলুলোজ্ ইলেক্ট্রোড্ (High cellulose electrode) এর ক্ষেত্রে হাই-ড্রোজেন উৎপন্ন করিয়া। কোন কোন সময়ে ধাতুমল একই সঙ্গে উপরোক্ত দুই ভাবেই ওয়েল্ডিং ধাতুকে রক্ষা করে—যেমন বেসিক কোটেড ইলেক্ট্রোড (Basic coated electrode)।

৬.৫ আচ্ছাদনের শ্রেণীবিভাগ (Classification of coating)

রাসায়নিক প্রকৃতি ও ধাতুমলের গুণাগুণের উপর ভিত্তি করিয়া আচ্ছাদনকে পাঁচটি প্রধান ভাগে ভাগ করা যায়।

৬.৫.১ অক্সাইড্ কোটিং (Oxide coating)

অক্সাইড্ আচ্ছাদনযুক্ত ইলেক্ট্রোডের আচ্ছাদন নিম্নলিখিত উপাদানগুলির মিশ্রণ—(১) আয়রন অক্সাইড্, (২) সিলিকা (Silica), (৩) প্রাকৃতিক সিলিকেট্ (Natural silicates) যেমন কেরোলিন (Kaoline), ট্যাঙ্ক (Talc), ফেল্ডস্পার (Feldspar) ইত্যাদি। এই ধরনের ইলেক্ট্রোড্ সহযোগে ওয়েল্ডিং-এর সময় ওয়েল্ড-ধাতু আচ্ছাদন হইতে প্রচুর পরিমাণে অক্সিজেন, আয়রন অক্সাইড্ এবং নাইট্রোজেনকে নাইট্রাইড (Nitride) রূপে গ্রহণ করে। ওয়েল্ড-

ধাতুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সাধারণতঃ ০.০৩ হইতে ০.০৪% হয়। সচরাচর যে সব ইলেক্ট্রোড ব্যবহৃত হয় তাহা অক্সাইড্, আক্সাডনবৃত্ত (Oxide coated)। এই ধরনের ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা ওয়েল্ডিং কমজোরী কিন্তু দেখিতে ভাল।

৬.৫.২ এসিড কোটিং (Acid coating)

ইহার ভিতর আয়রন অক্সাইড্ ও প্রাকৃতিক সিলিকেট্ ছাড়াও ফেরো অ্যালয় (Ferro-alloy) যেমন ফেরো-ম্যাঙ্গানিজ (Ferro-manganese), ফেরো-সিলিকেট্, (Ferro-silicate), ফেরো-টিটানিয়াম্ (Ferro-titanium) ইত্যাদি রূপে ডি-অক্সিডাইজার (de-oxidiser) ও ডি-নাইট্রাইডার (de-nitrider) বহুল পরিমাণে বিদ্যমান। ইহার ধাতুমলে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত পদার্থগুলি থাকে :

(ক) লৌহ সিলিকেট্, (Iron silicate) কিংবা লৌহ ও ম্যাঙ্গানীজের মিশ্র সিলিকেট্।

(খ) লৌহ ও ম্যাঙ্গানীজ অক্সাইড্।

এই ধাতুমল অম্লধর্মী (Acidic)। এইজন্য বেসিক্ অক্সাইড্ (যেমন MnO) ইহাতে দ্রবীভূত হয়। সেই কারণে ধাতুমলে পর্যাপ্ত পরিমাণে ম্যাঙ্গানীজ্ থাকে। ম্যাঙ্গানীজ্ থাকার দরুন ধাতুমলের আঠালো ভাব (Viscosity) হ্রাস পায়। ইহাতে ওয়েল্ডিং বীড্ দেখিতে ভাল হয় এবং ইহা ইলেক্ট্রোড্কে সর্ব অবস্থানে ওয়েল্ডিং করার উপযোগী করে।

৬.৫.৩ টাইটানিয়াম্ অক্সাইডভিত্তিক আক্সাডন (Titanium based coating)

ইহাতে রুটাইল (Rutile) অর্থাৎ শতকরা ৯৫ ভাগ বিশুদ্ধ টাইটানিয়াম্ অক্সাইড্ (TiO_2) অথবা ইলমেনাইট্ (Ilmenite-Iron titanate) থাকে এবং প্রাকৃতিক সিলিকেট ও ফেরো অ্যালয় শোধনকারী উপাদান (Reducing agent) রূপে বিদ্যমান।

ইহার ধাতুমলের অম্লত্ব (acidity) এসিড্ কোটিং-এর ধাতুমলের অম্লত্ব হইতে কম। ইহাতে ওয়েল্ড খুব সজমুত ও দেখিতে সুন্দর হয়। ইহা ছাড়া এই ধরনের ইলেক্ট্রোড্, সর্ববিস্তারিত ওয়েল্ডিং-এর উপযোগী।

৬.৫.৪. উচ্চ-সেলুলোজ লম্পার আচ্ছাদন (High-cellulose-coating)

ইহাতে উদারী (volatile) ত্রব্যের যেমন, উড্ অথবা কটন-সেলুলোজ (wood বা cotton cellulose) এর সঙ্গে রিভিউসিং এজেন্ট রূপে প্রাকৃতিক সিলিকেট্ ও ফেরো-এ্যালয় বিদ্যমান।

ইহাতে ধাতুমলের পরিমাণ কম হয় এবং উৎপন্ন ধাতু-ওয়েল্ডিং ধাতুকে রক্ষা করে। এইরূপ ইলেক্ট্রোড্ হইতে সরবরাহিত ধাতু মিহি দানা-যুক্ত হয় এবং প্রায় অক্সিজেন মুক্ত থাকে। পক্ষান্তরে হাইড্রোজেনের পরিমাণ প্রতি ১০০ গ্রাম সরবরাহিত ধাতুতে ১৫ হইতে ২৫ মিলিলিটার হইতে পারে। এই আচ্ছাদনযুক্ত ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা ওয়েল্ডিং-এর অনুপ্রবেশ (Penetration) বেশী হয়।

৬.৫.৫. বেসিক কোটিং (Basic coating)

ইহা ক্যালসিয়াম কার্বোনেট অথবা ম্যাগনেসিয়াম কার্বোনেট, ফেরোএ্যালয় ও ফ্লুরো-স্পার, ফ্লুরোলাইট ফ্লাক্স (flux) এর মিশ্রণ।

এই ধরনের ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা ওয়েল্ডিং করিলে সরবরাহিত ধাতু বিকৃত অবস্থায় থাকে এবং মিহি দানা-যুক্ত হয়। [গড়পড়তা টেন-সাইল্ স্ট্রেন্গ্ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে ৫০০০ কিলোগ্রাম হইলে ডাক্টিলিটি সাধারণতঃ শতকরা ৩০ ভাগ ও ইম্প্যাক্ট স্ট্রেন্গ্ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে ১৫ হইতে ১৮ কিলোগ্রাম-মিটার হয়।]

৬.৬. ডীপ্ পেনিট্রেশন্ ইলেক্ট্রোড্ (Deep penetration Electrode)

এই ধরনের ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা প্রাক্-ওয়েল্ডিং প্রক্রিয়া ছাড়াই ১৫ কিলোগ্রাম পর্যন্ত মোটা গ্রেট (চাবর) হই পাশ হইতে

নিখুঁতভাবে ওয়েল্ডিং করা যায়। আচ্ছাদন এলিড্, বেসিক অথবা রুটাইল হইতে পারে। ইহা ছাড়াও আচ্ছাদনে নিম্ন সেন্সোজ উপাদান থাকে। আচ্ছাদন সাধারণতঃ কোর-রডের ব্যাস (Core wire diameter) এর অর্ধেক হইয়া থাকে। এইরূপ মোটা আচ্ছাদনের জন্য বেশী কারেন্ট সহযোগে ওয়েল্ডিং করা সম্ভব হয়।

$$I = 16d^2, \text{ সেখানে } I = \text{অ্যাম্পিয়ারে কারেন্টের পরিমাণ}$$

$$d = \text{মিলিমিটারে ইলেক্ট্রোডের ব্যাসের মাপ।}$$

এ. সি. বা ডি. সি সহযোগে এই ধরনের ইলেক্ট্রোড দ্বারা ওয়েল্ডিং করা যায়। কিন্তু কারেন্টের পরিমাণ বেশী হইলে আর্ক-ব্লো (Arc-blow) কমাইবার জন্য এ. সি. সহযোগে ওয়েল্ডিং করা বাঞ্ছনীয়। এই রকম ওয়েল্ডিং-এ মূল ধাতু নিজেও জোড়া লাগাইবার কাজে লাগে। এই ইলেক্ট্রোড সহযোগে সাধারণতঃ লো কার্বন স্টীল (low carbon steel) এবং খুব সহজভাবে ওয়েল্ডিং করার উপযোগী ইস্পাতই (easily weldable steel) ওয়েল্ডিং করা হয়।

৬.৭ হাই-ইল্ড ইলেক্ট্রোড (High yield Electrode)

আচ্ছাদন-প্রকৃতি, ইলেক্ট্রোডের ব্যাস ও কারেন্টের পরিমাণের তারতম্য অনুসারে সাধারণতঃ কোর-রডের শতকরা ৮০ হইতে ৯৫ ভাগ ধাতু ওয়েল্ডিং-এর জন্য পাওয়া যায়। আচ্ছাদনে লৌহচূর থাকিলে ওয়েল্ডিং করিবার সময় আচ্ছাদনের লৌহচূর ওয়েল্ডিং-এ অন্তর্গত বৈশিষ্ট্য করে এবং এই আচ্ছাদন পুরু হইলে সরবরাহিত ধাতুর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, এমন কি ইহা পূর্বোক্ত পরিমাণকে বিগুণিত করিতে পারে।

৬.৮ লো-হাইড্রোজেন ইলেক্ট্রোড (Low Hydrogen Electrode)

এই ইলেক্ট্রোড সহযোগে ওয়েল্ডিং এ হাইড্রোজেন অবশিষ্ট হয় না—ইহাই এই ইলেক্ট্রোডের বিশেষত্ব।

৬.২ কয়েকটি জ্ঞাতব্য তথ্য :

ওয়েল্ডিং-ভোল্টেজ ও কারেন্ট প্রধানতঃ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভরশীল।

- (ক) ইলেক্ট্রোডের ব্যাস
- (খ) আচ্ছাদনের স্তর
- (গ) আচ্ছাদনের প্রকৃতি
- (ঘ) জোড়ের অবস্থিতি
- (ঙ) কার্যবস্তুর বেধ

$$\text{আর্ক ভোল্টেজ} = K + \frac{Ld}{10} \times \frac{I}{s}$$

যেখানে K = ধ্রুবক (constant) যাহা ইলেক্ট্রোডের ধাতুর উপর নির্ভরশীল। সাধারণ আয়রণ ইলেক্ট্রোডের জন্য ইহা ১২।

L = আর্কের দৈর্ঘ্য (arc length) মিলিমিটারে,
সাধারণতঃ ইলেক্ট্রোডের ব্যাসের তারতম্য অনুসারে
৩ হইতে ৬ মিলিমিটার।

I = কারেন্ট এম্পিয়ারে।

d = মিলিমিটারে ইলেক্ট্রোডের ব্যাস।

s = ইলেক্ট্রোডের ছেদ ক্ষেত্রফল (cross section)

সপ্তম অধ্যায়

আর্ক ওয়েল্ডিং টেকনিক্

৭.০ ওয়েল্ডিংএর সময় আর্কের তাপ সহযোগে জোড়ের মুখকে গলান হয় এবং গলিত ধাতু সরবরাহ করা হয়। এইজন্য শুধু যে সরবরাহিত ধাতুর অবস্থা সম্বন্ধে ওয়াকিবহাল হইতে হইবে তাহা নহে, পরন্তু কার্যবস্তুর উপর তাপের প্রভাব সম্পর্কেও সম্যক তথ্য অবগত হওয়া প্রয়োজন। জোড়ার শক্তি সরবরাহিত ধাতুর উপর নির্ভর করে এবং কিয়দংশে কার্যবস্তুর উপর নির্ভরশীল। এইজন্য ইলেক্ট্রোড হইতে সরবরাহিত ধাতুর শক্তির পরীক্ষার্থে টেনসাইল টেষ্টপিস্ (Tensile test piece) ১১. ১.৩ (ক)—১ নম্বর চিত্রানুসারে নির্মিত হয়।

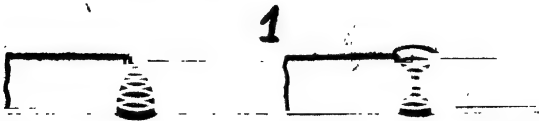
৭.১ জোড়ের শ্রেণী বিভাগ (Types of joint)

কার্যক্ষেত্রে ওয়েল্ডিং-এর বিভিন্ন রকমের জোড় প্রয়োজন হইতে পারে।

(ক) বাট জয়েন্ট (Butt joint)

- | | | |
|-------------------|---|------------------|
| (১) স্কোয়ার বাট্ | } | টেবিল ৭.১০ জটব্য |
| (২) ভি—বাট্ | | |
| (৩) ইউ—বাট্ | | |

চিত্র নং ৭.১ (ক)



সিঙ্গেল ইউ-বাট্

চিত্র নং ৭.১ (ক)

ডবল ইউ-বাট্

(খ) ল্যাপ্ জয়েন্ট (Lap joint)

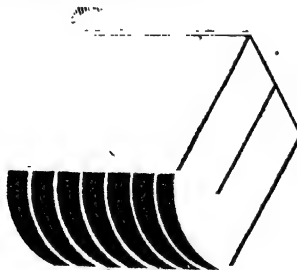


চিত্র নং ৭.১ (খ) ল্যাপ জয়েন্ট

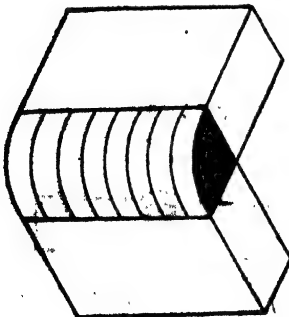
(গ) ফিলেট জয়েন্ট (Fillet joint)—৭.২ (ক) ২-দ্বিতীয় চিত্র জড়ব্য।

(ঘ) কর্ণার জয়েন্ট (Corner joint)

(ঙ) এজ্ জয়েন্ট (Edge joint)



চিত্র নং ৭.১ (ঘ)
কর্ণার জয়েন্ট



চিত্র নং ৭.১(ঙ)
এজ্ জয়েন্ট

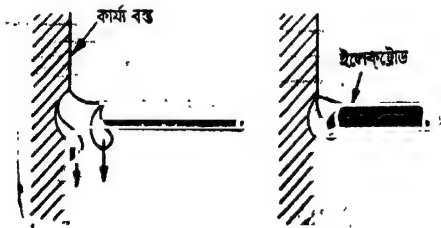
৭.২ (ক) ওয়েল্ডিং কিভাবে সম্পন্ন হইবে সেই অনুসারে ওয়েল্ডিংকে নিম্নলিখিত রূপে ভাগ করা যায়।

(১) ভার্টিক্যাল ওয়েল্ডিং (Vertical welding)

এই ওয়েল্ডিংয়ে গলিত ধাতু নিচের দিকে গড়াইয়া পড়িতে চায় (ছবি ৭.২ (ক) ১—প্রথম)। সুতরাং ছোট আর্কদ্বারা ওয়েল্ডিং করা প্রয়োজন বাহাতে ইলেক্ট্রোডের অগ্রভাগ ও কার্যবস্তুর উপরিস্থিত গলিত ধাতুর দূরত্ব এমন হয় যে পারস্পরিক আকর্ষণ জোরালো হয় (ছবি ৭.২ (ক) .১ দ্বিতীয়)। ইলেক্ট্রোড নিঃসৃত গলিত ধাতুবিন্দু কার্যবস্তুর গাত্রস্থিত ক্রেটারের গলিত ধাতুর সহিত মিলিয়া যায়। ক্রেটার ভরাট হইবার পর অতিরিক্ত গলিত ধাতু নিচে গড়াইয়া পড়ে। ইহা এড়াইবার জন্য ইলেক্ট্রোডকে একটু দ্রুত উপরের দিকে চালিত করিতে হইবে। তাহাতে গলিত ধাতু জমাট বাঁধিবার সময় পায়।

ভার্টিক্যাল ওয়েল্ডিং নিচে হইতে উপরের দিকে বা উপর হইতে নিচের দিকে করা যায়। নিচে হইতে উপরে ওয়েল্ডিংএ সরবরাহিত ধাতু ও অনুপ্রবেশ তুলনামূলকভাবে ভাল হয়।

উপর হইতে নিচে ওয়েল্ডিং করিবার সময় যেহেতু গলিত ধাতু মূল ধাতুর অগলিত অংশে গড়াইয়া পড়ে, অনুপ্রবেশ এইক্ষেত্রে কম



প্রথম

চিত্র নং ৭.২ (ক) .১

দ্বিতীয়

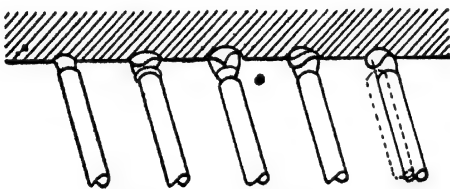
হয়। ইহা ছাড়াও ওয়েল্ডিং-এর গতি এইখানে তুলনামূলকভাবে বেশী এবং ইহার জন্যও অনুপ্রবেশ হ্রাস পায়।

ওয়েল্ডিং-এ ইলেক্ট্রোড বস্তু ইলেক্ট্রোড ব্যবহার

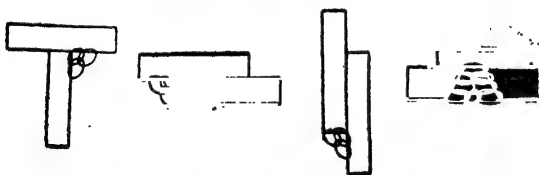
করা উচিত নয়, কারণ বড় ইলেক্ট্রোড সহযোগে ওয়েল্ডিং-এ গলিত ধাতুর নিচে পড়া রোধ করা অতীব কষ্টকর।

(২) ওভারহেড ওয়েল্ডিং (Overhead welding)

ইহা অগ্নাশ্রু রকমের ওয়েল্ডিং অপেক্ষা কষ্টসাধ্য। সরবরাহিত গলিত ধাতুকে মাধ্যাকর্ষণের প্রতিকূলে উপরের দিকে যাইতে হয়। এই ওয়েল্ডিংয়েও ছোট আর্ক স্থাপনার একান্ত প্রয়োজন, যাহাতে ইলেক্ট্রোডের গলিত অগ্রভাগ উপরে অবস্থিত গলিত ধাতুকে স্পর্শ করিতে পারে। ইহাতে তলটান ও পারস্পরিক আকর্ষণজনিত শক্তি ইলেক্ট্রোড হইতে গলিত ধাতু বিন্দুকে জোড়স্থিত গলিত ধাতুর মধ্যে টানিয়া লয়।



চিত্র নং ৭.২ (ক). ২ প্রথম



ফিলেট

ল্যাপ

বাই

চিত্র নং ৭.২ (ক). ২ দ্বিতীয়

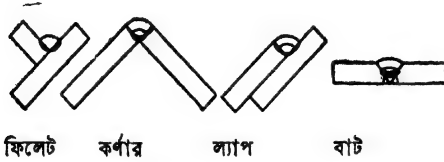
উপরে অঙ্কিত প্রথম চিত্র হইতে কি ভাবে ধাতু বিন্দু সরবরাহিত হইতেছে তাহা বুঝা যাইবে এবং দ্বিতীয় চিত্রতে ওভারহেড ওয়েল্ডিংয়ে বিভিন্ন জোড় দেখান হইল।

এই ধরনের ওয়েল্ডিং ভালোভাবে করিবার জন্য নিম্নমিত

অনুশীলন প্রয়োজন। এই ওয়েল্ডিং এর জন্য ছোট মাপের ইলেকট্রোড কম কারেন্ট সহযোগে ব্যবহার করা উচিত।

(৩) ডাউন হ্যান্ড ওয়েল্ডিং (Down hand welding)

ইহাতে ইলেকট্রোড হইতে সরবরাহিত ধাতু সরাসরি নিচে জোড়ে পড়ে বলিয়া ইহা করা সবচেয়ে সহজ (চিত্র নং ৭.২ (ক) ৩)।



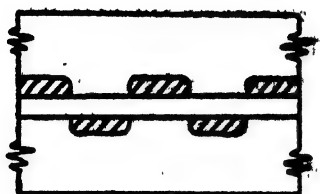
চিত্র ৭.২ (ক)—৩

বস্ত্ত ওয়েল্ডিং করিবার সময় যদি কার্য্যবস্ত্তকে ডাউন হ্যান্ড ওয়েল্ডিং করার জন্য উপযুক্ত অবস্থায় স্থাপনা করা সম্ভব হয়, তাহা হইলে সব সময় তাহাই করা উচিত। ইহাতে ভালো অক্ষপ্ৰবেশ সহ উত্তম ওয়েল্ডিং পাওয়া মোটেই কষ্টসাধ্য নয়। এখানে ওয়েল্ডিং রড ভূমির সহিত প্রায় লম্বভাবে থাকে।

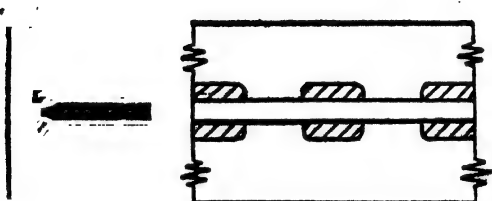
(৪) হরাইজন্টাল-ভার্টিক্যাল ওয়েল্ডিং (Horizontal Vertical welding)

এখানে জোড়ের একবাহু ভূমির সহিত সমান্তরাল এবং অপর বাহু লম্বভাবে থাকে। ইহা ভার্টিক্যাল ও ওভারহেড ওয়েল্ডিং অপেক্ষা অনেক সহজ, কিন্তু ডাউন হ্যান্ড ওয়েল্ডিং অপেক্ষা ওয়েল্ডারের দক্ষতা বেশী দাবী করে (চিত্র নং ৭.২-১ দ্রষ্টব্য)।

৭.২ (খ) ওয়েল্ডিং একটানা করিয়া গেলে তাহাকে কন্টিনিউয়াস (Continuous) ওয়েল্ডিং বলে; ছাড়াছাড়া করিলে ইন্টারমিটেন্ট (Intermittent) ওয়েল্ডিং বলে। এই ছাড়াছাড়া ওয়েল্ডিং-এ ওয়েল্ডের অবস্থান অক্ষসারে ইহা চেন ইন্টারমিটেন্ট (Chain Intermittent) অথবা ষ্ট্যাগার্ড ইন্টারমিটেন্ট (Staggered Intermittent) হইতে পারে।



চ্যাপার্ড ইন্টারমিটেট



চেন ইন্টারমিটেট

চিত্র নং ৭.২ (খ)—১

আবার এই ছাড়াছাড়া ওয়েল্ডিং শুধুমাত্র যদি কার্যবস্তু ধরিয়া রাখিবার জন্য করা হয়, তাকে ট্যাক ওয়েল্ডিং (Tack welding) বলে।

একের অধিক বস্তুকে ওয়েল্ডিং করিয়া জোড়া লাগাইতে হইলে কার্যবস্তুগুলিকে প্রয়োজনমত নির্দিষ্টভাবে বসাইতে হইবে। এই রকম ভাবে কার্যবস্তুর পারস্পরিক অবস্থানের জন্য উপযুক্ত ফিক্সচার বা যোগান প্রয়োজন; এই যোগানেই ওয়েল্ডিং সম্পন্ন করিতে হইবে। সবসময় ঐ রকম যোগানের ব্যবস্থা করা সম্ভব নয়। কারণ যোগান ব্যয়সাধ্য। এইসব ক্ষেত্রে কার্যবস্তুগুলিকে সঠিকভাবে সাজাইয়া ছোট-রাপে ওয়েল্ডিং করা হয়; ইহা কার্যবস্তুকে ধরিয়া রাখে। এই ছোট-ছোট রাপের ওয়েল্ডিংকে ট্যাক ওয়েল্ডিং বলে। এই ট্যাক ওয়েল্ডিংয়ের পরে সম্পূর্ণ ওয়েল্ডিং করা হয়।

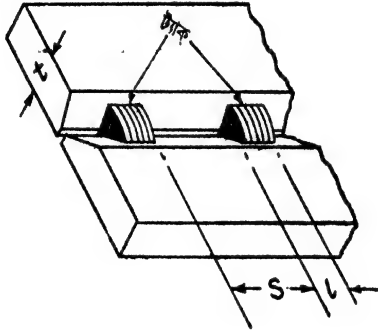
ট্যাকসমূহের পারস্পরিক দূরত্ব মোটামুটি কী রকম হওয়া উচিত সে সম্বন্ধে নিচে একটি সূত্র দেওয়া হইল।

$$S = (100 + 16t) \text{ মি: মি:}$$

যেখানে S = পরপর যে কোন দুই ট্যাকের দূরত্ব

এবং t = প্লেটের বেধ (মিলিমিটারে)

ট্যাকের দৈর্ঘ্য $l = 3t$ মি: মি:



চিত্র নং ৭.২ (খ) —

যদি কোন প্লেট বাঁকানো থাকে তবে তাহাকে সোজা করিয়া অতিরিক্ত ট্যাকের সাহায্যে বাঙ্কিত অবস্থায় ধরিয়া রাখা যায়।

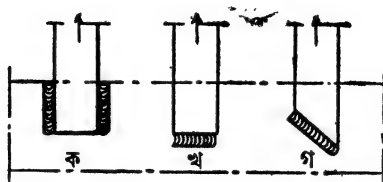
ফিলেট ওয়েল্ডিংয়ের জন্ম জোড় তৈয়ারী করার সময় যেহেতু উভয় পাশেই ট্যাক (টাকা) দেওয়া হয়, সেজন্য পারস্পরিক দূরত্ব S সূত্রানুযায়ী মানের দ্বিগুণ পর্যন্ত হইতে পারে।

ট্যাক দেওয়ার সময় সাধারণতঃ অপেক্ষাকৃত বেশী কারেন্ট ব্যবহার করা হয়। এইজন্য কার্যবস্তুতে অনুপ্রবেশ ভাল হয় এবং ট্যাকের জোর বাড়ে।

৭.৩ ওয়েল্ডিংকে কিস্তাবে বাহ্যিক শক্তিকে প্রতিহত করিতেছে তাহার উপর বিস্তার করিয়া ওয়েল্ডিংকে কিস্ত ভাগে ভাগ করা যায়।

- (ক) দৈর্ঘ্যিক (longitudinal)
 (খ) আড়াআড়ি (transverse)
 (গ) তির্যক (oblique)

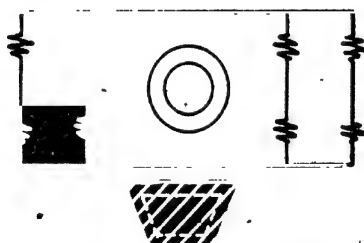
দৈর্ঘ্যিক আড়াআড়ি তির্যক



চিত্র নং ৭.৩

৭.৪ ওয়েল্ডিং-এ খাতু কীরকমভাবে এবং কী উদ্দেশ্যে সরবরাহ করা হইয়াছে, তাহার উপর ভিত্তি করিয়া ওয়েল্ডিংকে নিম্নলিখিত কয়েক ভাগেও ভাগ করা যায়।

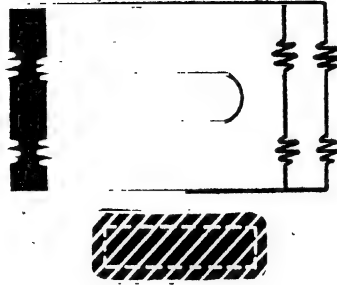
(ক) প্লাগ ওয়েল্ডিং (Plug welding)—প্লেটে ড্রিল করা গর্ত থাকিলে তাহাকে বোজাইবার জন্য যে ওয়েল্ডিং করা হয়, তাহাকে প্লাগ ওয়েল্ডিং বলে।



চিত্র নং ৭.৪ (ক) প্লাগ ওয়েল্ডিং

(খ) স্লট ওয়েল্ডিং (Slot welding)—কার্যবস্তুতে ঘাট থাকিলে তাহা ভরাট করার জন্য স্লট ওয়েল্ডিং করা হয়।

(গ) বীড ওয়েল্ডিং (Bead welding)—কার্যবস্তু উপর একটানা ওয়েল্ডিং করিয়া গেলে তাহাকে বীড ওয়েল্ডিং বলে।



চিত্র নং ৭.৪ (খ) স্লট ওয়েল্ডিং



চিত্র নং ৭.৪ (গ) বীড ওয়েল্ডিং

(ঘ) রি-ইনকোর্সিং অথবা প্যাডিং (Padding) ওয়েল্ডিং

কার্যবস্তুর উপরিভাগে কতকগুলি সোজা রাণ পর পর দিয়া নতুন পৃষ্ঠদেশ তৈয়ারী করাকেই রি-ইনকোর্সিং অথবা প্যাডিং ওয়েল্ডিং বলে। মনে রাখিতে হইবে যে প্রত্যেক রাণের প্রস্থ ও উচ্চতা একই হওয়া উচিত এবং রাণ দিবার সময় দেখিতে হইবে যে পূর্ববর্তী রাণের পার্শ্বদেশ যেন আংশিকভাবে গলিয়া এক হইয়া যায়।

(ঙ) বাটন্ (Button) প্যাডিং ওয়েল্ডিং

গোলাকার বা বৃত্তের স্থায় পুনঃ পুনঃ পাশাপাশি রাণ দিয়া তল তৈয়ারী করাকে বাটন প্যাডিং ওয়েল্ডিং বলে।

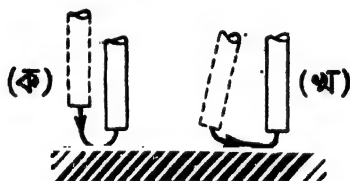
(চ) হার্ডফেসিং (Hard facing)

কার্যবস্তুর তলদেশকে সময় সময় কঠিনতর করা দরকার হয়। এই ক্ষেত্রে নরম কার্যবস্তুর তলদেশে বিশেষ ইলেক্ট্রোড দ্বারা রি-ইনকোর্স ওয়েল্ডিং বা বাটন্ প্যাডিং ওয়েল্ডিং সহযোগে নতুন

তল ভেঁয়াবী করা হয়। ইলেক্ট্রোডের উপাদানের উপর নির্ভর করিয়া নূতন সৃষ্ট তলের কাঠিন্য নিরূপিত হয়।

৭.৫ হস্তচালিত ওয়েল্ডিং-এর টেকনিক বা পদ্ধতি

আর্ক স্থাপনার জন্য আর্ক শুরু করার জায়গাটি ওয়েল্ডার খালি চোখে মোটামুটি জ্ঞাবে চিহ্নিত করে ও ইলেক্ট্রোডকে ঐ জায়গায় আনে। ইলেক্ট্রোড ও কার্যবস্তুর মধ্যে যখন দূরত্ব ১০ হইতে ১২ মিলিমিটার, তখন শীল্ডকে চোখ ও কার্যবস্তুর মধ্যে ধরিয়া ইলেক্ট্রোডকে কার্যবস্তুর সহিত স্পর্শ করিয়াই তৎক্ষণাৎ উহাকে ৪।৫ মিলিমিটার দূরে সরাইয়া নিতে হইবে। ৭.৫—১ নং চিত্রে (ক) ও (খ) দুইটি প্রণালী দেখান হইল।

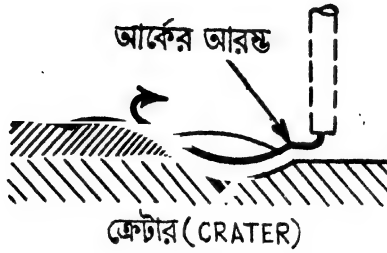


চিত্র নং ৭.৫—১

ওয়েল্ডিং চলাকালের আর্কের দৈর্ঘ্য ঠিকমত রাখা প্রয়োজন এবং ইহার জন্য ওয়েল্ডিং চলাকালীন ইলেক্ট্রোডকে উপযুক্ত পরিমাণে কার্যবস্তুর দিকে চালনা করিতে হইবে।

সাধারণ অবস্থায় ইলেক্ট্রোড পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে আবার আর্ক স্থাপনার প্রয়োজন হয়; একই ইলেক্ট্রোডে ওয়েল্ডিং করিবার সময় বারে-বারে আর্ক বিচ্ছিন্ন হইয়া গেলে বুঝিতে হইবে যে ইলেক্ট্রোড অল্পপুঙ্ক্ত কিংবা ভিজা অথবা কারেন্টের পরিমাণ ঠিক হয় নাই।

আর্কের পুনঃস্থাপনার সময় ক্রেটারের (Crater) ঠিক আগেই আর্কের সৃষ্টি করিয়া ইলেক্ট্রোডে ওয়েল্ডিং এর দিকে চালনা করা প্রয়োজন; ইহাতে ক্রেটারের স্থানে ওয়েল্ডিং সম্পন্ন হয়।



চিত্র নং ৭'৫—২ আর্ক পুনস্থাপন

যেখানে আর্ক ছিন্ন হয় সেখানে ফ্রেটারের সৃষ্টি হয় এবং এ স্থানে সরবরাহিত ধাতু নিম্নমানের হয়। এইজন্য ইলেক্ট্রোড সম্পূর্ণরূপে ব্যবহৃত না হওয়া পর্যন্ত আর্ক যাহাতে বিচ্ছিন্ন না হয়, তাহার দিকে লক্ষ্য রাখা সর্বতোভাবে প্রয়োজন।

আর্কের পুনস্থাপনার সময় ফ্রেটারের স্থানটিকে সম্পূর্ণরূপে বিগলিত করিয়া ওয়েল্ডিং করা আবশ্যিক। সাধারণতঃ ফ্রেটারে ফাটলের সৃষ্টি হয় এবং সেজন্য ফ্রেটারটিকে সম্পূর্ণরূপে ওয়েল্ড ধাতু দিয়া ভর্তি করিতে হয়।

৭'৬ অনুপ্রবেশ (Penetration)

যথাযথ ওয়েল্ডিংএর জন্য কার্যবস্ত্র ও ইলেক্ট্রোড ধাতুর মধ্যে গলিত অবস্থায় সম্পূর্ণরূপে মিশ্রণ প্রয়োজন। সুতরাং কার্যবস্ত্রের তলকে বেশ কিছু গভীরতা পর্যন্ত বিগলন করা দরকার। ভাল ওয়েল্ডিংএর অনুপ্রবেশের গভীরতা ন্যূনপক্ষে ১'৫ হইতে ২ মিলিমিটার হওয়া আবশ্যিক। ওয়েল্ডিং কারেন্ট, ইলেক্ট্রোডের প্রকৃতি ইত্যাদির উপর নির্ভর করিয়া হস্তকৃত ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে অনুপ্রবেশ ১'৫ হইতে ৫ মিলিমিটার পর্যন্ত হইতে পারে। স্বয়ংক্রিয় ওয়েল্ডিংএ ইহা ১৫ মিলিমিটার পর্যন্তও হইতে পারে। ফ্রেটারের গভীরতা হইতে অনুপ্রবেশের পরিমাপ মোটামুটি অনুমান করা যাইতে

পারে। অনুপ্রবেশ পরিমাণ সাধারণতঃ ক্রেটারের গভীরতা হইতে ১ কিংবা ২ মিলিমিটার বেশী।

অনুপ্রবেশ সাধারণতঃ আর্কস্ফট উত্তাপের উপর নির্ভরশীল ; আবার এই উত্তাপ ওয়েল্ডিং কারেন্টের উপর নির্ভরশীল। নিম্ন চিত্রে একটি ওয়েল্ডিংযুক্ত প্লেটের ছেদ ক্ষেত্রফল দেওয়া হইল। ইহাতে তিন রকমের ওয়েল্ডিং বীড্ পরিলক্ষিত হইবে ; (ক) যথোপযুক্ত কারেন্ট সহযোগে ওয়েল্ডিং বীড্ (খ) অতি অল্প পরিমাণ কারেন্ট সহযোগে ওয়েল্ডিং বীড্ এবং (গ) মাত্রাধিক কারেন্ট সহযোগে ওয়েল্ডিং বীড্।



চিত্র নং ৭ ৬

(ক) বীডে ওয়েল্ডিং পার্শ্বস্থ স্বচ্ছন্দগতিতে কার্য্যবস্তুর সহিত মিলিত হইয়াছে। বীড তলদেশস্থ কার্য্যবস্তুর সহিত একত্রিত হইয়া ভাল ওয়েল্ডিংএর সৃষ্টি করিয়াছে।

(খ) বীডে অনুপ্রবেশের অভাব পরিলক্ষণীয়। এখানে বীড শুধুমাত্র মধ্যস্থলে তলদেশস্থ কার্য্যবস্তুর সহিত সম্মিলিত হইয়াছে। এইরূপ ওয়েল্ডিং করা জোড় দুর্বল।

(গ) বীডে মাত্রাধিক কারেন্ট সহযোগে ওয়েল্ডিংএর জন্য আর্ক স্ফট ক্রেটার সরবরাহিত ধাতুর দ্বারা পরিপূরিত হয় নাই! এইরূপ ওয়েল্ডিংএ দুই পার্শ্ব ক্রেটারের অবস্থানবশতঃ মূলধাতুর বেধ হ্রাস হইয়া কার্য্যবস্তুর দুর্বল করিয়া দিয়াছে। দুই পার্শ্বের এই অপরিপূরিত স্থানকে আশ্রয়-কাট (Undercut) বলে। এই আশ্রয়-কাট কার্য্যকালে ফাটল সৃষ্টির সাহায্য করে।

৭৭ নিম্নলিখিত সূত্র মোটামুটি ওয়েলডিং কারেন্টের পরিমাণ সম্বন্ধে নির্দেশ দিতে পারে।

$$I = (40 \text{ to } 60) \times d$$

যেখানে I = অ্যামপিয়ারে ওয়েলডিং কারেন্ট

এবং d = মিলিমিটারে ইলেক্ট্রোডের ব্যাস।

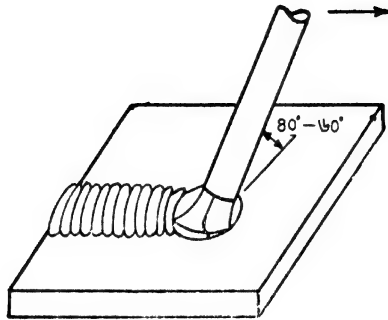
পাতলা আচ্ছাদনযুক্ত ইলেক্ট্রোড সহযোগে ওয়েলডিং-এ স্বল্প-তর কারেন্টের প্রয়োজন। অবশ্য ওয়েলডিং-কারেন্ট মূল ধাতুর আয়তন, ওয়েলডিং-এর জোড়ের অবস্থান ইত্যাদির উপরও নির্ভরশীল। ওয়েলডিং কারেন্ট সম্বন্ধে নির্দেশ ইলেক্ট্রোড প্রস্তুতকারকেরা দিয়া থাকেন।

কোন কার্যবস্তুর ওয়েলডিং করিবার জন্য সর্বাপেক্ষা অনুকূল কারেন্টের পরিমাণ পরীক্ষা-নিরীক্ষাপূর্বক ওয়েলডিং-এর বাহ্যিক আকৃতিও ক্রেটারের সাহায্যে নিরূপন করা যায়। কার্যবস্তুর আয়তন ও ইলেক্ট্রোডের মাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে ওয়েলডিং কারেন্ট বাড়াইতে হয়।

কার্যবস্তুর পরিপ্রেক্ষিতে ইলেক্ট্রোড নির্ধারণ প্রয়োজন। ইলেক্ট্রোডের আচ্ছাদন সম্পর্কে আলোচনা ষষ্ঠ অধ্যায়ে করা হইয়াছে। ইলেক্ট্রোডের মাপ এমন হওয়া বাঞ্ছনীয় যাহাতে আর্কস্থিতিকালীন কারেন্টজনিত উত্তাপ কার্যবস্তুর উপর প্রতিকূল প্রভাব বিস্তার না করে। স্বল্প বেধযুক্ত প্লেটে উত্তাপ যেন ছিদ্রের সৃষ্টি না করে এবং মোটা প্লেটে ওয়েলডিং-এর সময় উত্তাপ যেন মূল ধাতুকে তরলীকৃত করিতে পারে। ইহা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে—যে কোন ইলেক্ট্রোডের জন্য সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন কারেন্টের পরিমাণ সীমিত।

৭.৮ ইলেক্ট্রোড্ চালনভঙ্গি

হস্তকৃত ওয়েলডিং-এর ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোডকে সাধারণতঃ তিনভাবে চালনা করা হয়।



চিত্র নং ৭.৮ ইলেকট্রোড চালন-ভঙ্গি

(ক) ইলেকট্রোডের প্রান্ত হইতে ধাতু গলিত হওয়ার দরুণ ইলেকট্রোডকে ক্রমাগত ধীরে ধীরে জোড়ের দিকে চালনা করিতে হয়। ইহার সঠিক পরিমাণ ওয়েলডারের জ্ঞান ধাকা আবশ্যিক। ইলেকট্রোড হইতে যতটা ধাতু গলিত হয় তাহা অপেক্ষা এই চালনার হার যদি কম হয় তবে আর্কের দৈর্ঘ্য বাড়িয়া যায় এবং আর্ক হয়তো ছিন্ন হইতে পারে, গতির হার বেশী হইলে ইলেকট্রোড কার্যবস্তুর সঙ্গে আটকাইয়া যাইতে পারে। আর্কের দৈর্ঘ্য যতদূর সম্ভব কম হওয়া প্রয়োজন এবং সেই সঙ্গে লক্ষ্য রাখিতে হইবে ইলেকট্রোড যেন আটকাইয়া না যায়।

(খ) জোড় বরাবর ইলেকট্রোডের অগ্রগমন—এই অগ্রগমনের হার ওয়েলডিং কারেন্ট, ইলেকট্রোডের মাপ এবং ওয়েলডিং এর পদ্ধতির উপর নির্ভর করে এবং ইহা ওয়েলডারের উৎকর্ষতাকে বিশেষভাবে প্রভাবিত করে। ইলেকট্রোডের অগ্রগমন বেশী দ্রুত হইলে মূলধাতু গলিত হইবার প্রয়োজনীয় সময় পায় না এবং ঠিকমত অনুপ্রবেশ হয় না। অধিকন্তু ইহাতে অল্প ছেদক্ষেত্র বিশিষ্ট নীচু বীডের সৃষ্টি হয়। অগ্রগমন বেশী ধীরে হইলে গলিত ধাতুর স্তূপ (bead) মোটা হয়। ইহাতে ইলেকট্রোড ও বিদ্যুৎ শক্তির অপচয় ঘটে এবং ইহাতে

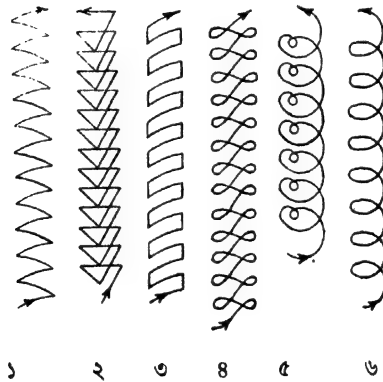
ওয়েল্ডিং করিতে সময় বেশী লাগে ; ধাতুও অত্যধিক উত্তপ্ত হয়। যদি ইলেকট্রোডের অগ্রগমনের গতির হার ঠিক হয় তবে গলিত ধাতুর স্তূপ জোড়া বরাবর একই রকম হয়।

ইলেকট্রোডকে এদিক সেদিক চালনা না করিয়া ওয়েল্ডিং করিলে সাধারণতঃ ওয়েল্ডিং বীড ইলেকট্রোডের মাপ অপেক্ষা ১।২ মিলিমিটার বেশী হয়। ইহাকে স্ট্রিং (string) ওয়েল্ডিং বলে।

(গ) ওয়েল্ডিং যে দিকে হইতেছে তাহার আড়াআড়ি ভাবে ইলেকট্রোড চালনার গতি—ইলেকট্রোডের এই চালন ভঙ্গি (weaving) প্রশস্ত বীড-সৃষ্টির জন্য ব্যবহৃত হয়। এই চালন ভঙ্গি বাট ও ফিলেট ওয়েল্ডিংএ বহুল প্রচলিত।

ক্ষেত্রবিশেষে ইলেকট্রোডের চালন ভঙ্গি বিভিন্ন রকমের হয়।

চিত্র নং ৭৮—গ



উপরি-অঙ্কিত (১) ও (২) চিত্রানুযায়ী ইলেকট্রোড চালন ভঙ্গি বাট ওয়েল্ডিংএ সমধিক ব্যবহৃত। ফিলেট ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে (২) ও (৩) চিত্রানুযায়ী ইলেকট্রোড চালন অধিকতর উপযোগী।

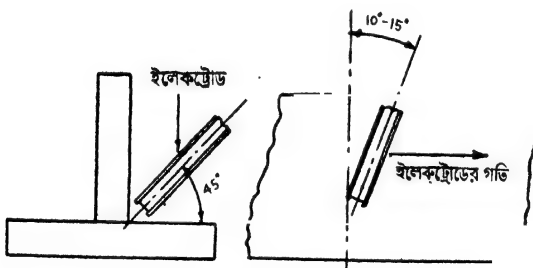
(৪) চিত্রানুযায়ী চালন ভঙ্গী সেখানেই ব্যবহৃত হয় যেখানে ওয়েলডিং-এর মধ্যভাগে বেশী তাপ প্রয়োগ করিতে হইবে।

(৫) ও (৬) চিত্রানুযায়ী চালন ভঙ্গী মোটা প্লেটের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

বীডের প্রসার সাধারণতঃ ইলেক্ট্রোডের মাপের আড়াই গুণের বেশী হয় না। বীডের প্রসার জোড় বরাবর একই রাখিবার জন্য ইলেক্ট্রোডের চালন ভঙ্গী প্রথম হইতে শেষ পর্যন্ত একই রাখিতে হইবে।

৭.২ ইলেক্ট্রোড ধরিবার নিয়ম

ইলেক্ট্রোডকে এমনভাবে ধরিতে হইবে যাহাতে ওয়েলডার ওয়েলডিংয়ের জায়গাটি পরিকারভাবে দেখিতে পায় এবং আর্কজনিত তাপ কার্যবস্তুকে সমভাবে গলিত করে। সমবেধযুক্ত প্লেটে হরাইজন্ট্যাল-ভারটিক্যাল ফিলেট ওয়েলডিং-এর ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোড তলার প্লেটের সঙ্গে 85° কোণ করিয়া ওয়েলডিং-এর গতির দিকে $10^\circ-15^\circ$ হেলাইয়া ধরিতে হয়।



চিত্র নং ৭২-১

যদি তলার প্লেটে অধিক বেধ কিংবা অধিক আয়তনের জন্য উত্তাপ সঞ্চালন ক্ষমতা বেশী হয়, তবে উপরি উক্ত 85° কোণকে বাড়াইতে হইবে যাহাতে আর্কহেতু অধিক উত্তাপ তলার প্লেটে চালিত হয়।

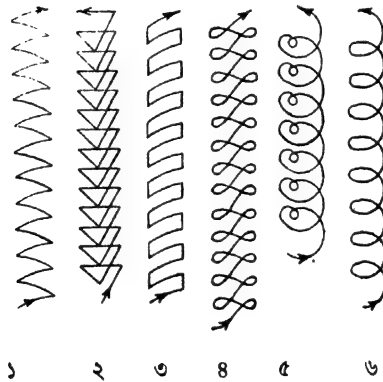
ওয়েল্ডিং করিতে সময় বেশী লাগে ; ধাতুও অত্যধিক উত্তপ্ত হয়। যদি ইলেকট্রোডের অগ্রগমনের গতির হার ঠিক হয় তবে গলিত ধাতুর স্তূপ জোড়া বরাবর একই রকম হয়।

ইলেকট্রোডকে এদিক সেদিক চালনা না করিয়া ওয়েল্ডিং করিলে সাধারণতঃ ওয়েল্ডিং বীড ইলেকট্রোডের মাপ অপেক্ষা ১।২ মিলিমিটার বেশী হয়। ইহাকে স্ট্রিং (string) ওয়েল্ডিং বলে।

(গ) ওয়েল্ডিং যে দিকে হইতেছে তাহার আড়াআড়ি ভাবে ইলেকট্রোড চালনার গতি—ইলেকট্রোডের এই চালন ভঙ্গি (weaving) প্রশস্ত বীড-সৃষ্টির জন্য ব্যবহৃত হয়। এই চালন ভঙ্গি বাট ও ফিলেট ওয়েল্ডিংএ বহুল প্রচলিত।

ক্ষেত্রবিশেষে ইলেকট্রোডের চালন ভঙ্গি বিভিন্ন রকমের হয়।

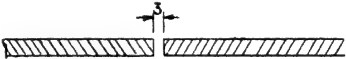
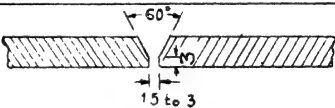
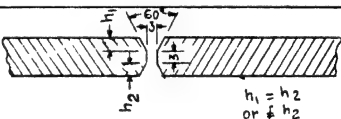
চিত্র নং ৭৮—গ



উপরি-অঙ্কিত (১) ও (২) চিত্রানুযায়ী ইলেকট্রোড চালন ভঙ্গি বাট ওয়েল্ডিংএ সমধিক ব্যবহৃত। ফিলেট ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে (২) ও (৩) চিত্রানুযায়ী ইলেকট্রোড চালন অধিকতর উপযোগী।

করিলে ভাল ফল পাওয়া যায়। কিন্তু সাধারণ হস্তকৃত ওয়েল্ডিংয়ের ক্ষেত্রে কারেন্টের মাত্রা যেহেতু তত বেশী নয় সেই হেতু জোড়ের পরিচ্ছন্নতার জন্য এত বেশী সতর্কতার প্রয়োজন নাই।

ইতিপূর্বে বিভিন্ন প্রকার জোড়ের কথা আলোচিত হইয়াছে। নিম্নের তালিকা হইতে বাট জয়েন্টের জোড় প্রস্তুতির (হস্তকৃত ওয়েল্ডিংয়ের জন্য) বিভিন্ন মাপ পাওয়া হইল।

জয়েন্টের বেধ	জোড়ের নাম	জোড় প্রস্তুতি
৬ মি.মি. ১/৪ ইঞ্চি	স্কোয়ার বাট	
৬ মি.মি. হইতে ১২ মি.মি. পর্যন্ত	সিংল ভি-বাট	
১২ মি.মি. অধিক	ডাবল ভি-বাট	

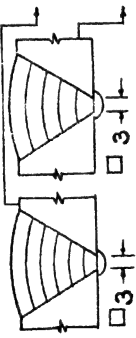
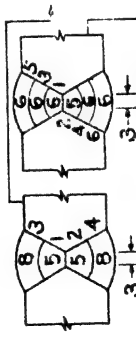
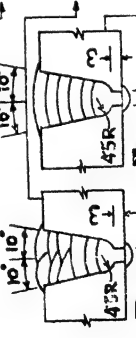
চিত্র নং ৭'১০

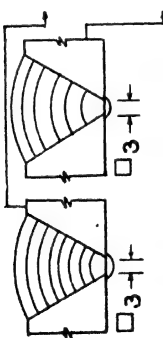
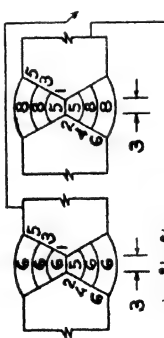
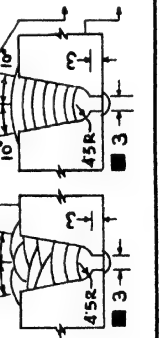
৭'১১ নিম্নে কতকগুলি তালিকা দেওয়া হইল; যাহা হইতে বিভিন্ন ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিংয়ের জন্য জোড়ের প্রস্তুতিকরণ, রাণ সংখ্যা, ইলেক্ট্রোডের মাপ, ইলেক্ট্রোড প্রতি রাণ সংখ্যা এবং মোটামুটি ওয়েল্ডিং কারেন্ট সম্বন্ধে ধারণা পাওয়া যাইবে।

তালিকা ৭'১১—প্রথম

[illegible]

১	২	৩	৪	৫	৬
<div> <div>○</div> <div>●</div> <div>□</div> <div>■</div> </div>		1	4	300	150
		3	4	225	170
		1	4	150	
		1	4	125	
		1	4	300	150
		1	5	300	
		1	5	250	
		1	5	150	210
		1	5	135	
		1	3.25	410	120
<div> <div>○</div> <div>●</div> <div>□</div> <div>■</div> </div>	সিলিং (Sealing) মাণের প্রতীক	1	4	410	170
		1	5	410	210
		1	6	300	340
		1			

୧	୨	୩	୪	୫
	1	4	300	150
	1	5	300	
	1	5	250	210
	1	5	225	
	2	5	150	
	1	4	300	150
	2	6	300	
	2	6	150	250
	1	6	400	340
	1	5	400	240
	2	6	300	340
	2	6	225	340
	1	6	500	240
	8	6	300	340
	2	6	400	200
	2	8	300	560
	1	6	500	240
	5	8	300	560
	1	6	400	200
	2	8	300	560
	1	6	500	240
	8	6	300	340
	2	6	400	200
	2	8	300	560
	1	6	500	240
	5	8	300	560
	1	6	400	200
	2	8	300	560
	1	6	500	240
	5	8	300	560

১	২	৩	৪	৫	৬
১		1	5	300	190
		3	6	300	
		1	6	225	300
		2	6	150	
		1	6	100	
		1	5	300	190
		2	6	300	
		3	6	200	300
		1	6	150	
		1	6	475	340
২		1	6	400	240
		1	5	400	
		2	6	300	340
		2	6	200	340
		2	6	375	200
		2	8	300	560
		2	8	400	560
		1	6	500	240
		9	6	300	340
		1	6	500	240
৩		6	8	300	560
		1	6	500	240
		1	6	300	340
		1	6	500	240
		6	8	300	560
		1	6	500	240
		1	6	300	340
		1	6	500	240
		6	8	300	560
		1	6	500	240

୨	୩	୪	୫	୬
	1	5	2	1
	5	6	6	2
	2	6	6	1
	1	6	6	2
	2	8	8	1
	1	8	8	2
	1	6	6	1
	1	5	5	4
	4	6	6	2
	2	6	6	2
	2	5	4	1
	4	8	8	10
	1	6	6	1
	10	6	6	10
	1	6	6	1
	7	8	8	7
	1	6	6	1
	7	8	8	7
	1	6	6	1
	7	8	8	7
	1	5	2	1
	5	6	6	5
	2	6	6	2
	1	6	6	1
	2	8	8	2
	1	8	8	1
	1	6	6	1
	1	5	5	1
	4	6	6	4
	2	6	6	2
	2	5	4	1
	4	8	8	10
	1	6	6	1
	10	6	6	10
	1	6	6	1
	7	8	8	7
	1	6	6	1
	7	8	8	7
	1	6	6	1
	7	8	8	7
	1	5	2	1
	5	6	6	5
	2	6	6	2
	1	6	6	1
	2	8	8	2
	1	8	8	1
	1	6	6	1
	1	5	5	1
	4	6	6	4
	2	6	6	2

তালিকা ৭'১১—দ্বিতীয়

ফিলেটের মাপ মি. মি.	থ্রেডি মি. মি.	রান সংখ্যা	ইলেকট্রোডের মাপ মি. মি.	প্রতি ইলেকট্রোড হইতে ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য মি. মি.	ওয়েলডিং কারেন্ট অ্যাম্পিয়ার
3	2.12	1	3.25	400	120
		1	4	650	170
5	3.54	1	3.25	200	120
		1	4	250	170
		1	5	550	210
6	4.24	1	3.25	300	120
		1	3.25	150	150
		2	4	300	170
		1	5	300	210
		1	6	450	250
8	5.66	2	3.25	300	120
		1	3.25	150	120
		2	4	300	170
		1	4	550	170
		2	5	300	210
		1	6	325	250

ফিলেটের মাপ মি. মি.	থ্রেডি মি. মি.	রান সংখ্যা	ইলেকট্রোডের মাপ মি. মি.	প্রতি ইলেকট্রোড ইইতে ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য মি. মি.	ওয়েল্ডিং কারেন্ট আম্পিয়ার
10	7.1	1	3.25	300	120
		2	3.25	150	120
		1	4	300	170
		1	4	150	170
		1	5	300	210
		1	5	225	210
		1	6	200	250
12	8.5	1	4	300	170
		2	4	150	170
		3	5	300	210
		1	5	475	210
		2	6	300	250
		1	6	600	250
15	10.6	1	4	225	170
		3	4	150	170
		1	5	225	210
		2	5	150	210
		2	6	300	250
		1	6	200	250
18	12.7	1	4	300	170
		3	4	150	170
		1	4	100	170
		1	5	225	210
		3	5	150	210
		1	6	225	250
		2	6	150	250

ফিলেটের মাপ মি. মি.	থ্রেডি মি. মি.	রান সংখ্যা	ইলেকট্রোডের মাপ মি. মি.	প্রতি ইলেকট্রোড হইতে ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য মি. মি.	ওয়েল্ডিং কারেন্ট অ্যাম্পিয়ার
20	14.2	1	4	300	170
		7	4	150	170
		2	5	300	210
		4	5	150	210
		1	6	300	250
		3	6	150	250
25	17.7	1	4	300	170
		10	4	150	170
		2	5	300	210
		6	5	150	210
		2	6	300	250
		4	6	150	250

১ রান

২ রান

৩ রান



৪ রান

৫ রান

৬ রান



৮ রান

১১ রান

অষ্টম অধ্যায়

ওয়েল্ডিং সম্বন্ধীয় ধাতুবিজ্ঞান (Welding metallurgy)

৮০০ আর্ক যখন ধাতুকে গলায় তখন যে ধাতব প্রক্রিয়া ঘটে, তাহা ওপেন-হার্ভ ফারনেস, বেসিমার কন্ভারটার ও ইলেকট্রিক ফারনেসের প্রক্রিয়া হইতে কিছুটা আলাদা।

আর্ক ওয়েল্ডিংএ গলিত ধাতু কয়েক সেকেন্ডের মধ্যে জমিয়া কঠিন হইয়া যায়। তাপের উৎসের এবং তরল ধাতুর তাপমাত্রা ইম্পাক্টের গলনাঙ্ক অপেক্ষা অনেক বেশী।

সরবরাহিত ধাতু দ্রুত ঠাণ্ডা হওয়ার দরুণ, গলিত ধাতু ও ধাতুমলের মধ্যে রাসায়নিক প্রক্রিয়া সমাপ্ত হইবার সময় পায় না। আর্কের চারিপাশে অত্যধিক তাপমাত্রার জন্য কিছু পরিমাণ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পরমাণুতে বিভাজিত হয়। এই বিভাজিত পরমাণবিক গ্যাসীয় উপাদান সাধারণ অবস্থা অপেক্ষা গলিত ধাতুর সহিত দ্রুততর ভাবে রাসায়নিক প্রতিক্রিয়ার অনুকূল। লোহ অক্সিজেনের সংযোগে ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়। এই হেতু আর্ক ওয়েল্ডিংএ ওয়েল্ড ধাতুতে শতকরা ০.২ হইতে ০.৩ ভাগ পর্যন্ত অক্সিজেন থাকিতে পারে। অধিক অক্সিজেন ধাতুর মেকানিক্যাল শক্তির এবং বিশেষভাবে আঘাত সহনশীলতার (Impact strength) উপর বিরূপ প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি করে।

ওয়েল্ড ধাতুতে অক্সিজেনের পরিমাণের অস্তিত্ব নিম্নলিখিত কারণ-গুলির উপর নির্ভর করে ;

(ক) আর্কের দৈর্ঘ্য :—আর্কের দৈর্ঘ্য যত বেশী, অক্সিজেনের পরিমাণ তত বেশী।

(খ) ওয়েল্ডিং কারেন্ট :—ওয়েল্ডিং কারেন্ট যত বেশী অক্সিজেনের পরিমাণ তত বেশী।

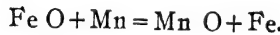
(গ) ইলেক্ট্রোডের আচ্ছাদনের প্রকৃতি।

আর্ক ওয়েল্ডিং-এ নাইট্রোজেনের পরিমাণ ওয়েল্ড-ধাতুতে শতকরা ০.১৮ ভাগ অবধি হইতে পারে, যেখানে মূলধাতুতে ইহার পরিমাণ শতকরা ০.০০১ হয়।

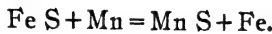
নাইট্রোজেনের পরিমাণ বাড়ানোর সঙ্গে সঙ্গে ওয়েল্ড-ধাতুর শক্তি ও কাঠিন্য বৃদ্ধি পায়, কিন্তু আঘাত-সহনশীলতা (Impact strength) হ্রাস পায়।

৮.১ সরবরাহিত ধাতুর বিশুদ্ধিকরণ :

ইলেক্ট্রোডের আচ্ছাদন গলিত ধাতুকে শুধুই যে বায়ুমণ্ডলের প্রভাব হইতেই রক্ষা করে তাহা নহে, পরস্তু আংশিকভাবে গলিতধাতু হইতে অক্সিজেন নিষ্কাশিত করে—ইহা আচ্ছাদন-স্থিত অক্সিজেন নিকাসক (de-oxidizer) এর জন্ম সংগঠিত হয়। গলিত ধাতুর অক্সিজেন নিকাসন-জনিত (De-oxidization) অক্সাইড সমূহের তরল ধাতুর উপর ভাসিয়া উঠা ও ধাতুমলের সহিত মিশ্রিত হওয়া প্রয়োজন; অর্থাৎ অক্সাইড সমূহের আপেক্ষিক গুরুত্ব গলিত ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব অপেক্ষা কম হওয়া উচিত। ম্যাঙ্গানীজ্ সর্বাপেক্ষা বহুল ব্যবহৃত অক্সিজেন নিকাষক। ইহা নিম্নলিখিত সূত্র অনুযায়ী কাজ করে।



ম্যাঙ্গানীজের আর একটি কাজ হইতেছে গন্ধক (Sulphur) কে নিষ্কাশিত করা।



ম্যাঙ্গানীজ্ সাল্‌ফাইড্ (Mn S) এবং ম্যাঙ্গানীজ্ অক্সাইড্ (Mn O) উপরোক্ত ধাতুমলের সহিত অবস্থান করে।

আয়রন সাল্‌ফাইড্ (Fe S) ওয়েল্ডিং ও ওয়েল্ডিং সংলগ্নস্থানে তপ্ত অবস্থায় ফাটলের সৃষ্টি করে। আয়রন সাল্‌ফাইডের গলনাঙ্ক লৌহের গলনাঙ্ক অপেক্ষা কম। গলিত ধাতু জমাটবাঁধার সময় আয়রন

সালফাইড্ গলিতাবস্থায় ধাতুর দানার মধ্যে আবদ্ধ থাকে, ইহার ফলে ফাটলের সৃষ্টি হয়।

আর্ক ওয়েল্ডিংএ ইলেক্ট্রোডের আচ্ছাদন গলিত হইয়া ধাতুমলের সৃষ্টি করে। এই ধাতুমলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কম। ইহা গলিত ধাতুর উপর ভাসমান থাকে এবং গলিত ধাতুকে বায়ুস্তরের সংস্পর্শ হইতে রক্ষা করে। ধাতুমলের রাসায়নিক উপাদানের প্রভাব ওয়েল্ডিংকে প্রভাবিত করে। ধাতুমল গলিত ধাতুর সহিত সক্রিয় হইয়া অক্সিজেন নিকাষকরূপে কাজ করে, ধাতুকে তাপমাত্রা হইতে রক্ষা করে এবং গলিত ধাতুর তাপমাত্রার হ্রাসকে কমাইয়া দেয়।

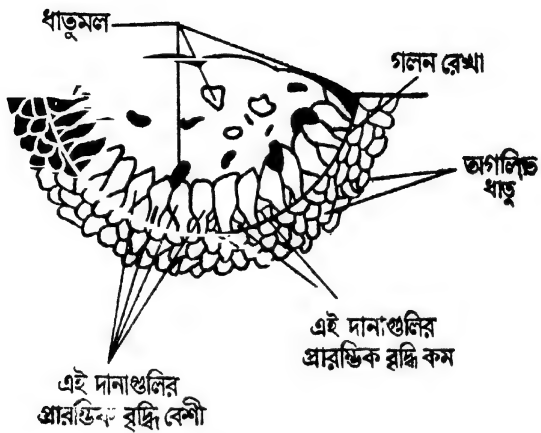
ধাতুর রাসায়নিক গুণাগুণের (chemical properties) সহিত নির্দিষ্ট কিছু পরিমাণ প্রাকৃতিক গুণ (Physical properties) থাকাও প্রয়োজন। ওয়েল্ডিংএর সময় সরবরাহিত ধাতু ঠাণ্ডা হইয়া জমিয়া যাইবার সময় কিছু বায়বীয় পদার্থ (Gaseous substance) উদ্ধৃত হয়; এবং যেহেতু ঐ ধাতু ধাতুমলের দ্বারা আচ্ছাদিত থাকে, উদ্ধৃত বায়বীয় পদার্থসমূহকে ধাতুমলের মধ্য দিয়া নির্গত হইতে হয়; অত্যাধা ওয়েল্ড্ ধাতুতে গ্যাস পকেটের (Gas pocket) সৃষ্টি করে! গলিত ধাতুমল গলিত ধাতুকে সমভাবে আচ্ছাদিত করার জন্য ধাতুমলের কম তল-টান (Surface tension) প্রয়োজন, ইহা ধাতুমলের রাসায়নিক উপাদানের উপর নির্ভর করে। টাইটেনিয়াম অক্সাইড্, ফ্লুরোস্পার (Fluorspar) ধাতুমলের তল-টান কমায়।

ঠাণ্ডা হইবার পর ধাতুমলকে সহজভাবে ওয়েল্ডিং হইতে বিচ্ছিন্ন করিতে পারা প্রয়োজন। এই গুণ ধাতুমল ও ধাতুর সম্প্রসারণ-সহগের (Coefficient of expansion) পার্থক্যের উপর নির্ভর করে।

ধাতুমলের গলনাক্ষমতা মূলধাতুর গলনাক্ষমতা অপেক্ষা কম হওয়া আবশ্যিক; অত্যাধা ধাতুমল ধাতুর উপর ভাসিয়া উঠিতে পারে না এবং ইহাতে ধাতুনির্গত বায়বীয় উপাদানের বাহির হওয়ায় বাধা সৃষ্টি করে।

৮.২ সরবরাহিত ধাতুর ও ওয়েল্ডিংসংলগ্ন স্থানের কাঠামো (Grain Structure) :

ওয়েল্ডপুলের (weld-pool) গলিত ধাতুর জমাট বাঁধার প্রক্রিয়া
৮.২১নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।

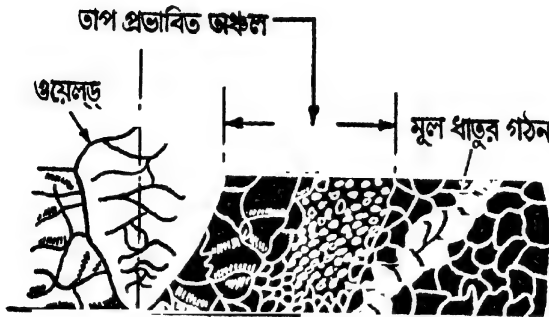


চিত্র নং ৮.২-১

আর্কের অগ্রগতির সঙ্গে পূর্ববর্তী ওয়েল্ড-পুলের তাপমাত্রা হ্রাস পায় এবং গলিতধাতু জমাট বাধে। মূলধাতু-সংলগ্নস্থানে প্রথমে দানার সৃষ্টি হয়। দানার বৃদ্ধি বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন। বর্দ্ধিযুগে দানা অধাতব উপাদানসমূহকে ওয়েল্ডিংএর উপরে ঠেলিয়া দেয়। এই হেতু ওভারহেড্ ওয়েল্ডিং এ ধাতুমল ওয়েল্ডিংএর মধ্যে না থাকিয়া ওয়েল্ডিংয়ের উপরে অবস্থান করে। জমাট বাঁধা দানা পরবর্তী ওয়েল্ডিংএর সময় নূতন করিয়া প্রভাবিত হয়।

ওয়েল্ডিং সংলগ্ন মূলধাতুর অংশকে তাপ-প্রভাবিত ক্ষেত্র (Heat

affected Zone) বলে। স্বল্প কার্বনযুক্ত ইস্পাতে তাপ প্রভাবিত ক্ষেত্রের ধাতব কাঠামোর পরিবর্তন ৮.২-২নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।



চিত্র ৮.২-২

ওয়েল্ড-সংলগ্ন স্থানে ধাতুর সামগ্রিক গলন ঘটে না; এখানে ধাতু খুব উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত হয় এবং মোটা দানার সৃষ্টি হয়। ওয়েল্ডিং হইতে দূরে যাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে তাপমাত্রা হ্রাস পায় এবং দানার আকারও ছোট হইতে থাকে।

তাপ-প্রভাবিত স্থানের ধাতব কাঠামোর পরিবর্তন মূলধাতুর উপাদানের এবং তাপমাত্রার হ্রাসের হারের উপর নির্ভরশীল। ৮.২-২নং চিত্রে ওয়েল্ড-সংলগ্ন মোটাদানায়ুক্ত স্থানে ধাতুর নমনীয়তা (ductility) আংশিকভাবে হ্রাস পাওয়ায় ঐ স্থানের ধাতুর ঘাত সহনশীলতা (Impact strength) কমিয়া যায়। তাপ প্রভাবিত স্থানে কাঠিন্যের (Hardness) পরিমাণের উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটে, বিশেষতঃ ইস্পাতের ক্ষেত্রে। কাঠিন্য বৃদ্ধির সঙ্গে ধাতুর ভঙ্গুর প্রবণতা (Brittleness) বৃদ্ধি পায়। ওয়েল্ড-ধাতুর কাঠিন্য সাধারণতঃ মূলধাতুর কাঠিন্য অপেক্ষা বেশী।

নবম অধ্যায়

ওয়েল্ডেবিলিটি (Weldability)

৯.০ ওয়েল্ডেবিলিটি ধাতুর একটি বৈশিষ্ট্য। যে ধাতুকে যত সহজে ওয়েল্ডিং করা যায়, তাহার ওয়েল্ডেবিলিটি তত ভাল বলা হয়।

৯.১ ওয়েল্ডেবিলিটি টেস্ট (Weldability test)

ধাতু এবং মিশ্রধাতু সমূহের ওয়েল্ডেবিলিটির তিনটি প্রধান দিক আছে :—

(ক) ব্যবহারিক ওয়েল্ডেবিলিটি (Practical Weldability) : ইহার দ্বারা ওয়েল্ডিংয়ে যে যে বিশেষ ব্যবস্থার প্রয়োজন, তাহা নির্ণীত হয়।

(খ) ধাতুবিষয়ক ওয়েল্ডেবিলিটি (Metallurgical Weldability) :— মূলধাতুতে ওয়েল্ডিংজনিত প্রাকৃতিক ও রাসায়নিক গুণগুণের পরিবর্তন।

(গ) প্রায়োগিক ওয়েল্ডেবিলিটি (Technical Weldability) : ফাটলসৃষ্টির সম্ভাবনা সম্পর্কে অবহিত হইবার জন্য সামগ্রিকভাবে ওয়েল্ডিং-এর পর্যালোচনা।

৯.১.১ ব্যবহারিক ওয়েল্ডেবিলিটি পরীক্ষা :

(ক) ওয়েল্ডিংএর উপর—এই পরীক্ষা-নিরীক্ষায় ওয়েল্ডিং-এর জায়গা ভাঙ্গিয়া খালিচোখে অথবা আতস কাঁচ সহযোগে ওয়েল্ডধাতুতে দ্রো-হোল্ (blow-hole), সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্র (pores), অবাঞ্ছিত দ্রব্যের অন্তর্ভুক্তি (undesirable inclusions) ইত্যাদি, এবং দানার গঠন প্রকৃতি (structure of grains) দেখা হয়।

(খ) প্রকৃত ওয়েল্ডিং-এর অনুরূপ অবস্থায় ওয়েল্ডিং করা টেফ্ট পীসের উপর—এই টেফ্ট পীসকে পরীক্ষার জন্য বিশেষভাবে প্রস্তুত করতঃ ভাঙ্গিয়া দানার গঠনপ্রকৃতি দেখা হয়।

৯.১.২. ষাডুবিষয়ক ওয়েল্ডেবিলিটি পরীক্ষা :

মূলধাতুতে ওয়েল্ডিং-এর তাপবৈষম্যজনিত যে প্রাকৃতিক ও রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, তাহা নির্ণয় করাই এই পরীক্ষার উদ্দেশ্য।

(ক) ওয়েল্ডিং-এর উপর :—সাধারণতঃ ইহাতে বাট্ জয়েন্টের উপর নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি সম্পন্ন করা হয় (একাদশ অধ্যায় দ্রষ্টব্য) ; টেনসাইল্ টেষ্ট (Tensile test), শিয়ার টেষ্ট (Shear test), বেণ্ডিং টেষ্ট (Bending test), ইম্প্যাক্ট টেষ্ট (Impact test), হার্ডনেস্ টেষ্ট (Hardness test)।

প্রয়োজনবিশেষে এই পরীক্ষা টেফ্ট পীসের উত্তপ্ত অবস্থায়ও করা হয়।

(খ) প্রকৃত ওয়েল্ডিং-এর অনুরূপ অবস্থায় ওয়েল্ডিং করা টেফ্ট পীসের উপর :—এই জাতীয় পরীক্ষাসমূহের মধ্যে আণ্ডারবিড হার্ডনেস্ টেষ্ট (Underbead hardness test) সর্বাপেক্ষা বেশী ব্যবহৃত হয়।

প্রয়োজনমত পুরু ষ্টীল প্লেটের উপর আর্ক ওয়েল্ডিং-এর সাহায্যে বিড্ (Bead) তৈয়ারী করিয়া তাহাকে আড়াআড়িভাবে কাটা হয় এবং তারপর বীডের তলার তাপপ্রভাবিত অঞ্চলে ভিকাস্ মাইক্রো-হার্ডনেস্ পদ্ধতিতে (Vickers micro-hardness method) দশ কিলোগ্রাম চাপের (Load) সাহায্যে কাঠিন্য মাপা হয়। যদি এই অঞ্চলে কোথাও কাঠিন্য ৩৫০ ভি. পি. এন. (V. P. N) বা ৩৩০ বি. এইচ্. এন. (B. H. N.) এর বেশী হয়, তবে ওয়েল্ডিং-এর সময় প্রিহিটিং (Preheating) বা বড় ইলেক্ট্রোড্ ব্যবহার করিয়া কাঠিন্য কমানো যায়।

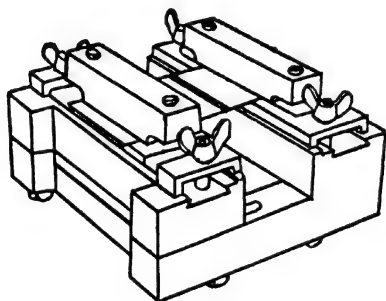
৯.১.৩ প্রায়োগিক ওয়েল্ডেবিলিটি পরীক্ষা :

ইহা দ্বারা ওয়েল্ডিং এ ফাটলসৃষ্টির প্রবণতা পরীক্ষা করা হয়। এই পরীক্ষা ধাতুর বেধ এবং রাসায়নিক উপাদানসমূহ (chemical composition) অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকারে হইতে পারে।

(ক) ক্র্যাকিং টেস্ট (Cracking test)

ওয়েল্ডিং-এর সূক্ষ্ম ফাটল হইতে কার্যবস্তুতে ফাটল ধরিবার প্রবণতা নির্ণয় করাই এই পরীক্ষার উদ্দেশ্য। সাধারণতঃ গুণকচারের (Structure) কাজে ব্যবহৃত ষ্টীলের জন্য এই পরীক্ষা প্রয়োগ করা হয়। ইহা বিভিন্নক্ষেত্রে বিভিন্ন উপায়ে করা হয়।

(১) বোলেনরাথ টেস্ট (Bollenrath test) :

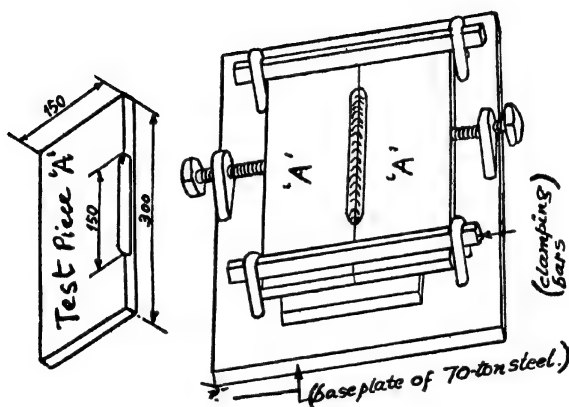


চিত্র ৯. ১. ৩—১ বোলেনরাথ টেস্ট

এই পরীক্ষায় দুইখণ্ড পাতলা চাদরকে চিত্রানুযায়ী যোগানে (Fixture) বাঁধিয়া ওয়েল্ডিং করা হয়। যদি ওয়েল্ডিং-এর পর ঠাণ্ডা হইবার সময় ফাটলের সৃষ্টি হয় তবে প্লেট দুইটি ওয়েল্ডিংয়ের অনুপযুক্ত। ফাটল যদি খালিচোখে দেখা না যায়, তবে জোড়কে

কয়েকবার এপিঠ-ওপিঠ বাঁকাইলে বাহিরের ফাটল পরীক্ষারভাবে দেখা যাইবে। ভিতরে যদি ফাটল থাকে, তবে এক্সরে (x-ray) পরীক্ষার সাহায্যে ধরা যায়।

(২) আর-ডি টেস্ট (R D test)



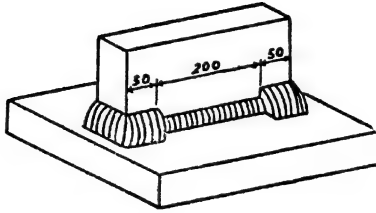
চিত্র ৯.১.৩—২

আর-ডি টেস্ট

টেস্ট পীস দুইটিকে চিত্রানুযায়ী যোগানে বসাইয়া বিভেল করা জায়গাটাতে ইলেকট্রিক ওয়েল্ডিংয়ের একটি রান দিয়া ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। ঐভাবে বিভেলকরা জায়গাটা ভরাট হয়। ওয়েল্ডিং সম্পূর্ণ হইবার পর টেস্ট-পীসদুইটিকে ঐ অবস্থায় দুই তিন দিনের জন্য রাখিতে হইবে। যদি খালিচোখে কোনও ফাটল দেখা না যায়, তবে টেস্টপীস দুইটিকে যোগান হইতে খুলিয়া ওয়েল্ডিংয়ের আড়া-আড়িভাবে কাটা হয় এবং উপযুক্তভাবে প্রস্তুত করিয়া ওয়েল্ডিংয়ের জায়গাটিকে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের (Microscope) সাহায্যে পরীক্ষা

করিয়া দেখা যায় ফাটল আছে কিনা। যদি একেবারেই কোনও ফাটল না থাকে, তবে ধাতুটি সম্পূর্ণরূপে ওয়েল্ডিংয়ের উপযোগী।

(৩) ফিলেট টেস্ট (Fillet test) :



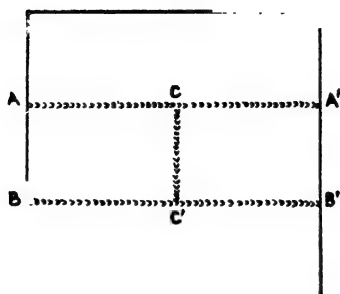
চিত্র—২. ১. ৩—৩

ফিলেট টেস্ট

এই পরীক্ষায় চিত্রানুযায়ী ফিলেট ওয়েল্ডিং করা হয়। প্রথমে দুই প্রান্তে মোটা করিয়া ওয়েল্ডিং করা হয়। পরে প্লেট দুইটিকে বাঁধিয়া একপাশে লম্বালম্বিভাবে ওয়েল্ডিং করিয়া ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। যদি ইহাতে কোন ফাটল দেখা না যায়, তবে অপরদিকে অনুরূপ ওয়েল্ডিং করিতে হইবে। ঠাণ্ডা হইবার পরেও যদি কোন ফাটলের সৃষ্টি না হয়, তাহা হইলে ধাতুটি ওয়েল্ডিংয়ের উপযোগী।
প্রসঙ্গতঃ উল্লেখযোগ্য, ফাটল খালিচোখে দেখা না গেলে একাদশ অধ্যায়ে বর্ণিত বিভিন্ন প্রণালীতে তাহা নির্ণয় করা বাইতে পারে।

এই পরীক্ষার জন্ম কারেন্ট, ওয়েল্ডিংয়ের গতি, ইলেক্ট্রোডের সাইজ্ ইত্যাদির মান নির্ধারণ বাঞ্ছনীয়, কারণ ইহাদের উপর পরীক্ষার ফল অনেকটা নির্ভরশীল।

(৪) এইচ.ওয়েল্ড টেস্ট (H weld test)



চিত্র ৯. ১. ৩—৪

এইচ.ওয়েল্ড টেস্ট

ইহাতে চিত্রানুযায়ী চারটি মোটা প্লেটকে বসান হয়। প্রথমে প্লেটগুলিকে ধরিয়া রাখিবার জন্য AA' এবং BB' এই দুইটি ওয়েল্ডিং করিয়া ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। তারপর CC' বরাবর ওয়েল্ডিং করা হয়। ঠাণ্ডা হইবার পর CC' ওয়েল্ডিংএ ফাটলের সৃষ্টি না হইলে ধাতুটি ওয়েল্ডিংয়ের উপযোগী।

এই পরীক্ষাটি খুব সহজ এবং নির্ভরযোগ্য।

উপরি উক্ত প্রণালীসমূহ ছাড়াও ক্র্যাকিং টেস্ট এর জন্য আরও বহু প্রণালী আছে।

৯.২ ইস্পাতের ওয়েল্ডেবিলিটি (Weldability of Steel)

ইস্পাতের ওয়েল্ডেবিলিটি কার্বন দ্বারা বিশেষভাবে এবং ম্যাঙ্গানিজ (Mn), সিলিকন (Si) ইত্যাদি অন্যান্য উপাদান দ্বারা কিছু পরিমাণে প্রভাবিত হয়।

সাধারণভাবে ওয়েল্ডিংয়ের উপযোগী ইস্পাতে সামগ্রিক সমতুল কার্বনের পরিমাণ (Total equivalent carbon content—[C]_T)

শতকরা ০.২৫ ভাগের বেশী হওয়া উচিত নয়। ওয়েল্ডেবিলিটির উপর ইস্পাতের উপাদানের এবং কার্যবস্তুর আয়তনের সামগ্রিক প্রভাবকে ইস্পাতে সামগ্রিক সমতুল কার্বন $[C]_T$ এর পরিমাণ হিসেবে নিম্নলিখিত সূত্র দ্বারা ব্যক্ত করা যায় :—

$$[C]_T = [C]_0 + [C]_f \quad \text{সমী: ৯.২-১}$$

যেখানে $[C]_0$ = রাসায়নিক সমতুল কার্বন

(Equivalent chemical Carbon content)

এবং $[C]_f$ = কার্যবস্তুর মাপ অনুযায়ী সমতুল কার্বনের পরিমাণ।

যদি ইস্পাতে কার্বন ছাড়া অ্যান্ধ উপাদান থাকে, তাহা হইলে রাসায়নিক সমতুল কার্বন $[C]_0$ এর পরিমাণ নিম্নলিখিত সূত্র অনুযায়ী নির্ণয় করা যায়। ম্যাঙ্গানিজ ও সিলিকন থাকিলে,

$$[C]_0 = C + \frac{Mn}{4} + \frac{Si}{4} \quad \text{সমী: ৯.২-২}$$

ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম (Cr), নিকেল (Ni), মলিব্‌ডেনাম (Mo) থাকিলে,

$$360[C]_0 = 360C + 40 (Mn + Cr) + 20Ni + 28 Mo$$

.....সমী: ৯.২-৩

যদি ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম, নিকেল, মলিব্‌ডেনাম, ভ্যানাডিয়াম (V) থাকে, তাহা হইলে—

$$[C]_0 = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{(Cr + Mn + V)}{10}$$

.....সমী: ৯.২-৪

কার্যবস্তুর মাপ অনুযায়ী সমতুল কার্বনের পরিমাণ প্লেটের বেধ এবং ইস্পাতের কঠিন হওয়ার ক্ষমতার (Harden ability) উপর অর্থাৎ সামগ্রিক রাসায়নিক সমতুল কার্বনের পরিমাণ $[C]_0$ এর উপর নির্ভর করে।

$$[C]_t = 0.005 \times t [C]_0 \quad \dots\dots\dots \text{সমী: ৯.২-৫}$$

যেখানে t = মিলিমিটারে প্লেটের বেধ

অতএব সমীকরণ ৯.২-১ হইতে,

$$[C]_T = [C]_0 (1 + 0.005 t) \quad \dots\dots\dots \text{সমী: ৯.২-৬}$$

উদাহরণ: ১১০ মিলিমিটার বেধবিশিষ্ট ইস্পাতে রাসায়নিক
উপাদানসমূহের পরিমাণ:

কার্বন : ০.২৩%

ম্যাঙ্গানিজ : ১.২০%

মলিবডেনাম : ০.৫০%

$$\begin{aligned} \text{এখানে, } 360[C]_0 &= 360C + 40 (Mn + Cr) + 20Ni + 28Mo \\ &= 360 \times 0.23 + 40 \times 1.20 + 28 \times 0.5 \\ &= 144.8 \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং } [C]_0 = \frac{144.8}{360} = 0.40$$

$$\begin{aligned} \text{পুনরায়, } [C]_T &= [C]_0 (1 + 0.005t) \\ &= 0.40 (1 + 0.005 \times 110) \\ &= 0.62\% \end{aligned}$$

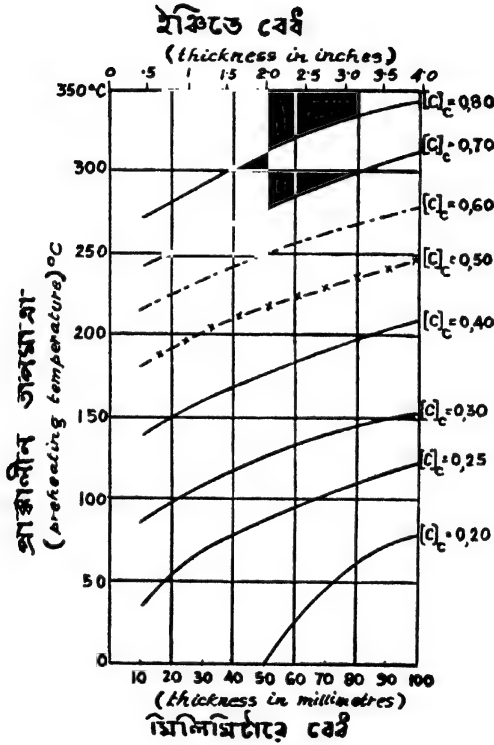
সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, ইহা সাধারণভাবে ওয়েল্ডিংয়ের
অযোগ্য। এইসব ক্ষেত্রে জোড়কে ওয়েল্ডিং করিবার প্রাক্কালে কিছুটা
গরম করিয়া লইলে ওয়েল্ডিং করা সম্ভব। এই উত্তাপের সর্বনিম্ন
পরিমাণ $[T]_0$ নিম্নলিখিত সূত্র অনুযায়ী নির্ণয় করা যায়।

$$[T]_0 = 350 \sqrt{[C]_T - 0.25} \quad \text{সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায়} \quad \dots\dots\dots \text{সমী. ৯.২. ৭}$$

সুতরাং উপরি উক্ত ইস্পাতের প্লেট ওয়েল্ডিং করিতে হইলে
প্রাক্কালীন তাপের (Preheating temperature) সর্বনিম্ন পরিমাণ

$$\begin{aligned} [T]_0 &= 350 \sqrt{0.62 - 0.25} \\ &= 350 \sqrt{0.37} \\ &= 212.8C \end{aligned}$$

বিভিন্নবেধবিশিষ্ট প্লেটের ক্ষেত্রে রাসায়নিক সমতুল কার্বন জানা থাকিলে নিম্নে অঙ্কিত রেখা চিত্র হইতে ওয়েল্ডিং এর প্রাক্কালীন সর্বনিম্ন তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায়।



চিত্র ৯'২

রাসায়নিক সমতুল কার্বনের পরিমাণের সহিত প্রাক্কালীন সর্বনিম্ন তাপমাত্রার সম্পর্ক।

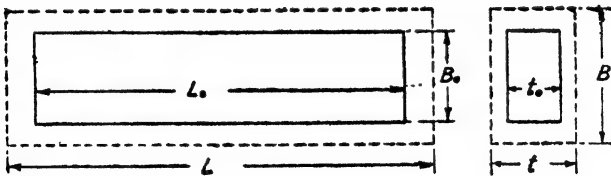
দশম অধ্যায়

ওয়েল্ডিং এ সঙ্কোচন-নির্ণয়ের বিস্তৃত নির্দেশ

১০'০ বিভিন্ন গবেষকরা ওয়েল্ডিং এ সঙ্কোচন নির্ণয়ের জন্য বহু প্রচেষ্টা করিয়াছেন ; কিন্তু তাঁহাদের গবেষণাপ্রসূত সূত্রগুলি জটিল বলিয়া কার্যক্ষেত্রে প্রয়োগ করা কঠিন। নিম্নে কতকগুলি সরলসূত্র লিপিবদ্ধ করা হইল—যাহা কার্যক্ষেত্রে সঙ্কোচন নির্ণয় করিতে সহজ-ভাবেই ব্যবহৃত হইতে পারে।

ওয়েল্ডিংএর জন্য শুধু যে সঙ্কোচনের আবির্ভাব ঘটে, তাহাই নহে ; ইহার জন্য কার্যাবস্তর বিকৃতিও হয়। এই বিকৃতি সম্বন্ধীয় জ্ঞাতব্য তথ্য অন্য খণ্ডে লিপিবদ্ধ করা হইয়াছে।

ওয়েল্ডিংএর জন্য কেন সঙ্কোচনের আবির্ভাব হয়, তাহা নিম্নলিখিত ভাষা হইতে স্পষ্ট অনুমিত হইবে। নিম্নাঙ্কিত চিত্রানুযায়ী একটি ধাতুদণ্ডকে যদি আমরা সমানভাবে তপ্ত করি ; তাহা হইলে উহা দৈর্ঘ্যে, প্রস্থে ও বেধে বৃদ্ধি পায়।



চিত্র ১০'০

উত্তাপে ধাতুদণ্ডের সম্প্রসারণ

L_0	=	T_0	C তাপমাত্রায় ধাতুদণ্ডের দৈর্ঘ্য
B_0	=	"	" " প্রস্থ
t^0	=	"	" " বেধ
L	=	$T_0 C$	" " দৈর্ঘ্য
B	=	"	" " প্রস্থ
t	=	"	" " বেধ

সাধারণ পদার্থবিজ্ঞান সূত্রানুযায়ী

$$L = L_0 \{1 + \alpha (T - T_0)\}$$

$$B = B_0 \{1 + \alpha (T - T_0)\}$$

$$t = t_0 \{1 + \alpha (T - T_0)\}$$

যেখানে α = রৈখিক সঙ্কোচন কিংবা সম্প্রসারণের সহগ (Coefficient of linear expansion or contraction).

যদি উক্ত ধাতুদণ্ডের তাপমাত্রা বৃদ্ধি জনিত দৈর্ঘ্যিক সম্প্রসারণ রোধ করা যায়, তাহা হইলে B_0 এবং t_0 বৃদ্ধি পাইয়া B_1 এবং t_1 তে পরিণত হয়। ইহা সুস্পষ্ট যে, B_1 এবং t_1 পূর্বের B এবং t হইতে বৃহত্তর। এইবার যদি ধাতুদণ্ডকে সমানভাবে ঠাণ্ডা করিয়া $T_0^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় ফিরাইয়া আনা হয়, তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, B_{01} এবং t_{01} পূর্বেকার B_0 এবং t_0 হইতে বৃহত্তর, এবং L_{01} পূর্বেকার L_0 হইতে ক্ষুদ্রতর।

ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে কার্য্যবস্ত্ত সর্বত্র সমানভাবে উদ্ভূত হয় না ; ফলতঃ যখন সম্প্রসারণ সংঘটিত হইতেছে, সংলগ্নধাতু আপেক্ষিক কম তাপমাত্রাহেতু সম্প্রসারণের আংশিক রোধের কারণ হয়, এবং ইহাই ওয়েল্ডিংজনিত সঙ্কোচনের একটি কারণ। অন্য প্রধান কারণ—ওয়েল্ডিং এ সববরাহিত ধাতুর নিজস্ব সঙ্কোচন।

১০.১ বাট ওয়েল্ড (Butt Weld) ;

১০.১.১ আড়াআড়ি সঙ্কোচন (Transverse Shrinkage) ;

অবরোধহীন জোড় (Free joint) ওয়েল্ডিংএর জন্ম আড়াআড়ি

সঙ্কোচন (S_T) = কার্যবস্তুর উত্তপ্ত অংশের সঙ্কোচন (S_P) + ওয়েল্ডি এ সরবরাহিত ধাতুর সঙ্কোচন (S_W)।

25 মিলিমিটার ও তদূর্ধ্ব প্লেটের জন্য,—

$$S_T = 0.008 \frac{AW}{t} + 0.002d.$$

যেখানে AW = বর্গ মিলিমিটারে ওয়েল্ডিং এর ছেদ ক্ষেত্রফল।

t = মিলিমিটারে প্লেটের বেধ

এবং d = মিলিমিটারে রুট ওপেনিং (Root opening)

6 মিলিমিটার উর্ধ্ব ও 25 মিলিমিটার অনূর্ধ্ব প্লেটের জন্য,—

$$S_T = 0.007 \frac{AW}{t} + 0.002d$$

অনূর্ধ্ব 6 মিলিমিটার প্লেটের জন্য, উপরোক্ত সূত্রের প্রয়োগ চলিবে না। অপেক্ষাকৃত পাতলা প্লেটে সঙ্কোচন অপেক্ষা বাঁকিয়া যাওয়ার (Buckling) বিপদ সম্যক বেশী।

অবরুদ্ধ জোড় (Restrained joint) ওয়েল্ডিং এর জন্য আড়াআড়ি সঙ্কোচন (S_T) = $F_c \times$ অবরোধহীন জোড় ওয়েল্ডিং এর আড়াআড়ি সঙ্কোচন।

F_c আবার বাহ্যিক অবরোধ (External constraint) P এর উপর নির্ভরশীল। ওয়েল্ড লাইন ধরিয়া এক মিলিমিটার পরিমাণ স্থিতিস্থাপক স্থানচ্যুতি (Elastic dislocation) ঘটাইতে ওয়েল্ড লাইন ধরিয়া যে আড়াআড়ি চাপের (Transverse Stress) প্রয়োজন, তাহাই P এর মান।

পরীক্ষা করিয়া পাওয়া গিয়াছে,

$$F_c = \frac{1}{1 + 0.086 P^{0.87}}$$

যেখানে P' র মান কিলোগ্রাম/বর্গ মিলিমিটার/মিলিমিটার ধরা হইয়াছে।

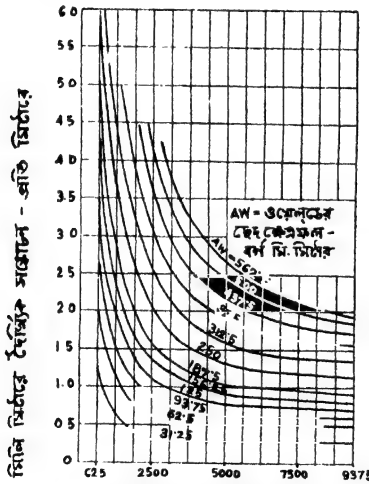
১০.১.২. দৈর্ঘ্যিক সংকোচন (Longitudinal Shrinkage) :

$$\text{সংকোচন } (S_L) = \frac{A_w}{A_r} \times 0.025 \text{ মিলিমিটার/মিলিমিটার}$$

যে সব ক্ষেত্রে অবরোধকারী প্লেটের (Restraining plate) এর ক্ষেত্রফল, ওয়েল্ডের ছেদ ক্ষেত্রফলের ২০ গুণের অনধিক, সে সব ক্ষেত্রে উক্ত সূত্র প্রয়োগ করা হয়।

সূত্রের A_w = বর্গমিলিমিটারে ওয়েল্ডের ছেদ-ক্ষেত্রফল

এবং A_r = অবরোধকারী প্লেটের ক্ষেত্রফল বর্গমিলিমিটারে।



ওয়েল্ডের আড়াআড়ি জোড়া দেওয়া প্লেটের
ছেদ ক্ষেত্রফল - বর্গ মি. মিটার

সংকোচন নির্ণয়ের রেখ-চিত্র

চিত্র ১০.১.২

যদি অবরোধকারী প্লেটের ক্ষেত্রফল ওয়েল্ডের ছেদ-ক্ষেত্রফল

অপেক্ষা ২০ গুণেরও অধিক হয়, তবে সঙ্কোচন নির্ণয়ে পূর্ববাস্তিত রেখ-চিত্রের সাহায্য লইতে হইবে।

১০-২ ফিলেট ওয়েল্ড্ (Fillet weld)

দুইটি বরাবর ফিলেট (Continuous fillet) সম্পন্ন “জী”
জয়েন্টের ক্ষেত্রে আড়াআড়ি সঙ্কোচন

$$S_T = \frac{\text{ফিলেটের লেগ}}{\text{প্লেটের বেধ}} \quad \text{মিলিমিটার/মিলিমিটার}$$

ছাড়াছাড়া (Intermittent) ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে,

$$S_T = K \times \frac{\text{ফিলেটের লেগ}}{\text{প্লেটের বেধ}} \quad \text{মিলিমিটার/মিলিমিটার}$$

$$\text{যেখানে } K = \frac{\text{ছাড়াছাড়া ওয়েল্ডিংএর সামগ্রিক দৈর্ঘ্য}}{\text{সামগ্রিক দৈর্ঘ্য}}$$

বোর্ট ওয়েল্ডের ক্ষেত্রে প্রদত্ত সূত্র ফিলেট ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্যিক সঙ্কোচন নির্ণয়ের নির্দেশ হিসাবে গ্রহণ করা যাইতে পারে।

উপরে লিপিবদ্ধ সূত্রগুলি বিভিন্ন ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে সম্ভাব্য সঙ্কোচন নির্ণয়ের উপায় হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে। কিন্তু কার্যক্ষেত্রে বহু জটিল জোড় থাকে। সেইসব ক্ষেত্রে জোড়কে সরল জোড়ে বিভক্ত করিয়া সঙ্কোচন নির্ণয় করিতে হইবে।

একাদশ অধ্যায়

ওয়েল্ডিং পরিদর্শন ও পরীক্ষা

(Inspection and Testing of Weld)

১১.০ অধুনা বহু দরকারী বস্তু ওয়েল্ডিং সহযোগে প্রস্তুত হইতেছে যেমন ব্রিজের গার্ডার, ব্রিজ-বেয়ারিং, ওয়্যগন ইত্যাদি। নিরাপত্তার দিকে নজর রাখিয়া নিখুঁতভাবে ওয়েল্ডিং করা একান্ত আবশ্যক। অগুণায় বহুল বিপদের সম্ভাবনা। সেইজন্য ওয়েল্ডিং করার আগে ও পরে ওয়েল্ডিংকে প্রভাবিত কবে এরূপ সমস্ত বিষয়ের প্রতি সতর্ক দৃষ্টি রাখা প্রয়োজন।

১১.১ ওয়েল্ডিং পরিদর্শন ও পরীক্ষাকে নিম্নলিখিত তিনভাগে ভাগ করা যায় :—

- (১) ওয়েল্ডিংয়ের প্রাকালে
- (২) ওয়েল্ডিং করিবার কালে
- (৩) ওয়েল্ডিংয়ের উত্তরকালে অর্থাৎ ওয়েল্ডিং সম্পন্ন হইবার পর।

১১.১.১ ওয়েল্ডিংয়ের প্রাকালে পরিদর্শন ও পরীক্ষা :—

নিম্নলিখিত বিষয়গুলি বিচার্য,—

- (ক) ইলেক্ট্রোড্ যথাযথ কিনা (proper electrode)
- (খ) কার্য্যবস্তুর ওয়েল্ডিং প্রক্রিয়ায় যুক্ত হইবার ক্ষমতা; (weldability)
- (গ) কার্য্যবস্তুর ওয়েল্ডিংয়ের প্রাকালে প্রস্তুতি (preparation of job)

(ঘ) ওয়েল্ডারের যোগ্যতা (এই সম্পর্কে বিস্তৃত আলোচনা অন্য খণ্ডে লিপিবদ্ধ হইল)।

১১.১.২ ওয়েল্ডিং করিবার কালে পরিদর্শন ও পরীক্ষণ:—

মিল্লিখিত বিষয়গুলি বিচার্য,—

- (ক) ইলেক্ট্রোড ভিজা থাকিলে শুকাইয়া লওয়া
- (খ) ঠিক কারেন্ট এবং যথাযথ কার্যপ্রণালী বিনিয়োগ
- (গ) পরবর্তী রাণের প্রারম্ভে পূর্ববর্তী রাণজনিত ধাতুয়ল পরিকার করা (deslagging)

(ঘ) রাণের বাহ্যিক রূপ পরিদর্শন (appearance)।

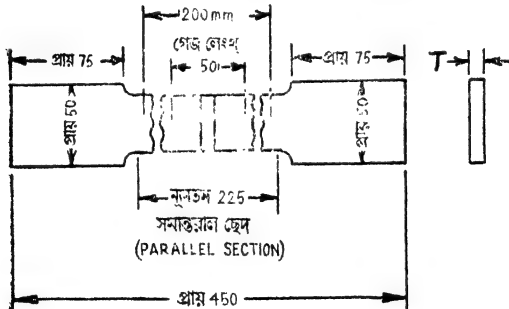
বস্তুতঃ, উপরোক্ত বিষয়গুলি ওয়েল্ডিংয়ের প্রারম্ভে ও ওয়েল্ডিং চলাকালে যাচাই করিয়া লইলে নিকট ওয়েল্ডিংজনিত বিভিন্নপ্রকার বিপদ হইতে রক্ষা পাওয়া যায়।

১১.১.৩ ওয়েল্ডিংকে উদ্ভবকালে পরিদর্শন ও পরীক্ষণ:—

ইহা নিম্নোক্ত দুই উপায়ে করা হয়,—

(ক) ধ্বংসাত্মক পরীক্ষা (Destructive test):

ইহাতে ওয়েল্ডিংকে ভাঙ্গিয়া বা নষ্ট করিয়া পরীক্ষা করা হয়।



চিত্র ১১. ১. ৩ ক'-১

টেনসাইল টেষ্ট পীস

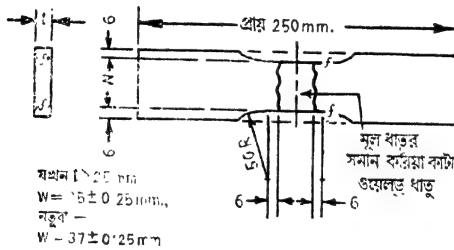
(খ) ধ্বংস না করিয়া পরীক্ষা (Nondestructive test) :

ইহাতে ওয়েল্‌ডিংয়ের কোনরূপ ক্ষতিসাধন না করিয়া পরীক্ষা করা হয়।

১১.১.৩ (ক) ধ্বংসাত্মক পরীক্ষা

ইহা সাধারণতঃ নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি বুঝায়,—

(ক) টেনসাইল টেস্ট (Tensile test) : এই পরীক্ষায় বিশেষভাবে প্রস্তুত টেক্‌ পীস্কে (test piece) টেনসাইল টেস্টিং মেশিনে (Tensile testing machine) বলপ্রয়োগে ছিন্ন করা হয়। টেক্‌ পীস্ দুইরকমের হইতে পারে এবং ইহাদের চিত্র প্রদত্ত হইল।



চিত্র ১১. ৩(ক)_১—২

টেনসাইল টেস্ট পীস্

প্রথম চিত্রানুসারে (ছবি ১১.১.৩ (ক)_১—১) টেক্‌ পীস্ তৈয়ারী করিলে প্রায়শঃ দেখা যায় যে ওয়েল্‌ডিংয়ের স্থানে ছিন্ন না হইয়া ওয়েল্‌ডিং সংলগ্ন মূলধাতুতে ছিন্ন হয়। এইজন্য ওয়েল্‌ডিংয়ের শক্তি জানিতে হইলে, এই পরীক্ষার টেক্‌ পীস্কে দ্বিতীয় চিত্রানুযায়ী (ছবি ১১.১.৩ (ক)_১—২) তৈয়ারী করিতে হইবে, যাহাতে ওয়েল্‌ডিং এর ছেদ ক্রসফল (cross section) ন্যূনতম থাকে। ইহা ছিন্ন করিবার

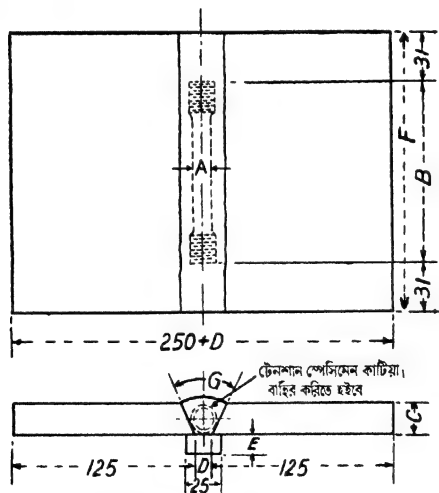
কালে সর্বোচ্চ যে বলপ্রয়োগ করা হয়, তাকে ছেদ ক্ষেত্রফল দ্বারা ভাগ করিলে ওয়েল্‌ডিংয়ের শক্তি নির্ণীত হয়।

$$\text{শক্তি (stress)} = \frac{P}{A} \text{ কিলোগ্রাম/বর্গ মিলিমিটার}$$

যেখানে P = প্রযুক্ত বল (কিলোগ্রামে)

এবং A = ছেদ ক্ষেত্রফল (বর্গ মিলিমিটারে)

যদি আমরা শুধুমাত্র ওয়েল্‌ডিংয়ের টেনসাইল স্ট্রেন্থ্ (tensile strength), ইল্ড পয়েন্ট (yield point), দৈর্ঘ্যে বৃদ্ধি (elongation) এবং ছেদ ক্ষেত্রফলের হ্রাস (reduction in area) বাহির করিতে চাই, তাহা হইলে ওয়েল্‌ডিংয়ের টেস্ট পীস :নিম্নলিখিত চিত্র-অনুসারে তৈয়ারী করিতে হইবে।

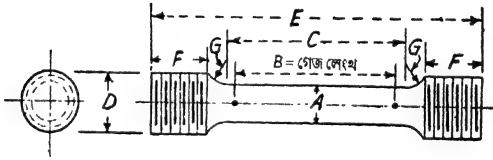


চিত্র—১১. ১. ৩ ক) ১—৩

অল-অয়েল্ড-মেটাল টেনসাইল পীসের তত্ত্ব টেস্ট প্লেট

ইলেক্ট্রোডের ব্যাস (Diameter) মি.মি	টেস্ট প্লেট এবং টেনশান টেস্ট স্পেসিমেনের মাপ						
	A মি. মি.	B মি.মি.	C মি.মি.	D মি.মি.	E মি.মি.	F মি.মি.	G ডিগ্রী
৪ মি. মি. এর কম	6.3 ± 0.125	62	12	6	4.5	125	45
৪ মি. মি. এবং ৫ মি. মি.	12.5 ± 0.25	106	18	12	6	168	45
৬ মি. মি.	12.5 ± 0.25	106	25	12	12	168	45

একাধিক স্পেসিমেনের জন্য টেস্ট প্লেট দৈর্ঘ্যে বড় নেওয়া যাইতে পারে।



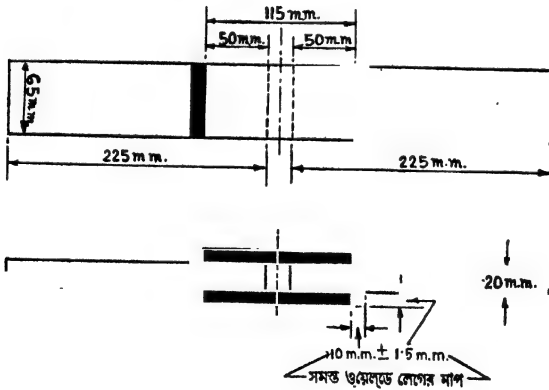
চিত্র ১১. ১. ৩. ক. ১-৪

অল-ওয়েল্ড-মেটাল টেনশাইল পীস

স্পেসিয়েনের মাপ

A মি. মি	B মি.মি	C মি.মি	D মি.মি.	E মি.মি	F মি.মি	G মি.মি. অন্ততঃ
12.5 ± 0.25	50	56	18	106	18	10
10.925 ± 0.25	43	50	15	100	18	10
8.925 ± 0.175	35	43	12	87	15	10
6.3 ± 0.125	25	31	10	62	12	6
3.15 ± 0.075	12	18	6	43	10	3

ফিলেট ওয়েল্ডিংয়ে শিয়ারিং স্ট্রেন্থ (shearing strength) নিম্নলিখিত চিত্রানুসারে টেস্ট পীস তৈয়ারী করা হয়। টেনসাইল টেস্টিং মেশিনে বলপ্রয়োগে ছিন্ন করিলে নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে নির্ণয় করা যায়।



চিত্র ১১১ ক (১)-৫

শিয়ারিং স্ট্রেন্থের জন্য ফিলেট-ওয়েল্ডিং স্পেসিয়েন

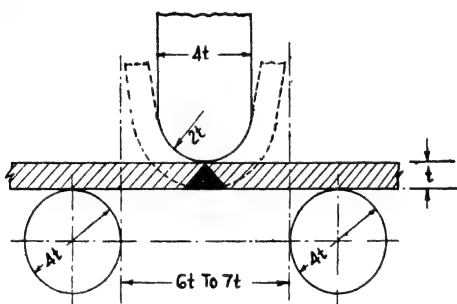
শিয়ারিং শক্তি (shearing stress)

$$= \frac{P}{2 \times 65 \times 0.7 \times 10} \text{ কি. গ্রা/বর্গ মি. মি.}$$

$$= \frac{P}{910} \text{ কি. গ্রা/বর্গ মি. মি.}$$

(ক)২ বেণ্ড, টেস্ট (Bend test) :

ওয়েলডিংয়ের নমনীয়তা নিরূপণ করিবার জন্ত এই পরীক্ষা নিম্নের চিত্রানুসারে সম্পন্ন করা হয়। ইহার টেস্ট পীস সাধারণতঃ ৩৫ মি. মি. চওড়া হয়।

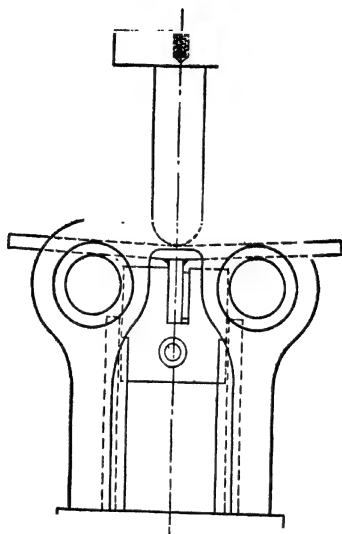


চিত্র ১১. ১. ৩(ক)২ —১

নমনীয়তা পরীক্ষা

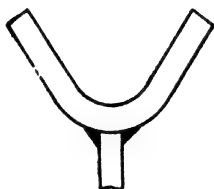
চিত্রানুসারে যদি টেস্ট পীসকে বাঁকানো হয়, তাহাকে ফেস্ বেণ্ড (face bend) বলে। রুট বেণ্ড (Root bend) করিবার সময় টেস্ট পীসকে বিপরীতভাবে স্থাপন করিতে হয়। এই বাঁকানোর ফলে কোনরূপ ফাটলের সৃষ্টি হওয়া উচিত নহে। এই প্রকারে বাট ওয়েলডিং পরীক্ষিত হয়।

ফিলেট ওয়েল্ডিং পরীক্ষার জন্য নিম্নলিখিত চিত্রানুসারে পরীক্ষা কার্য চালাইতে হইবে।

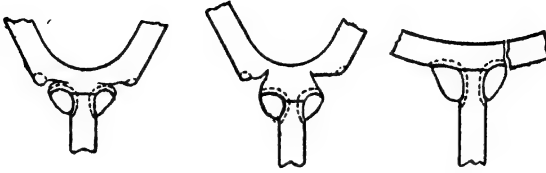


চিত্র ১১. ১. ৩'ক'২—২

পরীক্ষাস্থে টেপ্পীস নিম্নাক্ষিত ছবিগুলির যে কোন একটির মত হইতে পারে।



ফাটল বিহীন ভাল ওয়েল্ডিং

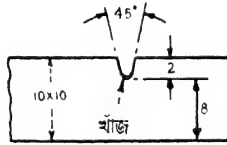


চিত্র ১১. ১. ৩ ক'২—৩

বিভিন্ন প্রকারের ফাটলযুক্ত ওয়েল্ডিং

(ক)৩ আইজড্ ইম্প্যাক্ট্ টেস্ট্ (Irod Impact test) :

নিম্নাঙ্কিত চিত্রানুসারে প্রস্তুত ওয়েলডিংয়ের টেকপীসকে হঠাৎ আঘাতজনিত বল প্রয়োগদ্বারা ভাঙ্গিয়া ফেলা হয়। ভাল ওয়েলডিংয়ের ক্ষেত্রে আইজড্ ইম্প্যাক্টের পরিমাণ ন্যূনপক্ষে ৬ মিটার-কিলোগ্রাম (মাইল্ড ষ্টীলের জন্য) হওয়া প্রয়োজন।



চিত্র—১১. ১. ৩ (ক)৩

(ক)৪ কাঠিগু পরীক্ষা (Hardness test) :

টেকপীসে ওয়েলডিংয়ের স্থলে হার্ডনেস্ টেস্টার (Hardness tester) সহযোগে কাঠিগু নির্ণয় করিতে হয়। বাজারে প্রচলিত মেশিন সমূহের মধ্যে সাধারণতঃ ব্রিনেল্ (Brinell), রকওয়েল (Rockwell) এবং ভিকার্স্ হার্ডনেস্ টেস্টার ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। এই সব ক্ষেত্রে কাঠিগু নিরূপণ করিবার জন্য প্রয়োজনীয় তিনটি সূত্র দেওয়া হইল।

$$\text{ব্রিনেল্ হার্ডনেস্ নাম্বার B. H. N.} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

যেখানে —

D = অনুপ্রবেশকারী বলের ব্যাস (diameter of indenter)
মিলিমিটারে ।

d = ছাপ (impression) এর ব্যাস, মিলিমিটারে

এবং p = প্রযুক্ত বল (applied load), কিলোগ্রামে

রকওয়েল নাম্বার বি (R. B.) এবং রকওয়েল নাম্বার সি (R. C.)
টেস্টিং মেশিনের স্কেল হইতে সোজাসুজি পড়িতে পারা যায় ।

ভিকাস্ হার্ডনেস্ নাম্বার (V. P. N or D. P. H.)

$$= \frac{2P \sin \theta / 2}{d^2}$$

যেখানে,—

p = প্রযুক্ত বল, কিলোগ্রামে

d = ছাপের কোনাকুনি মাপ (diagonal measurement of impression)

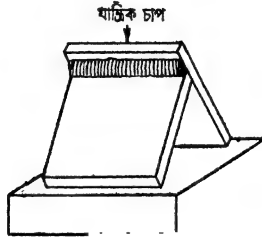
θ = পিরামিডের দুই বাহুর অন্তর্ভুক্ত কোণ ।

ওয়েল্ ডিংয়ের কাঠিন্য ও মূলধাতুর কাঠিন্যের মধ্যে বিশেষ পার্থক্য না থাকিলে ওয়েল্ ডিংয়ে ফাটলের সৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা কম । দেখা গিয়াছে যে মাইল্ড স্টীলে হস্তকৃত (manual) ওয়েল্ ডিংয়ের ক্ষেত্রে এই কাঠিন্যের পার্থক্য ১০ হইতে ৪০ বি. এইচ. এন্ (B. H. N.) হয় । অটোমেটিক ওয়েল্ ডিংয়ের ক্ষেত্রে এই সংখ্যা ৮০ অবধি পৌঁছাইতে পারে ।

(ক)৬ হাতুড়ির আঘাত সহযোগে ফিলেট টেস্টিং (Fillet testing by hammering):

ফিলেট ওয়েল্ ডিংয়ে কার্যতঃ কোনরকম মূল্যবান যন্ত্র ব্যবহার না

করিয়া শুধুমাত্র হাতুড়ির আঘাত সহযোগে নিম্নাঙ্কিত চিত্র অনুসারে পরীক্ষাকার্য সম্পন্ন করা হয়।

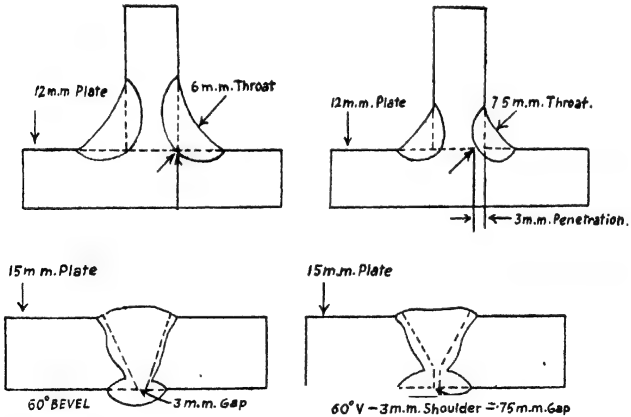


চিত্র—১১.১.৩ (ক)_৫

ভাঙ্গা খণ্ডকে পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে ওয়েলডিংএর অনু-প্রবেশ (penetration) মান (quality) যথাযথ কি না।

(ক)_৬ এটিং টেস্ট্ (Etching test):

টেস্ট্ পীস্কে কাটিয়া ওয়েল্ডিংকে আড়াআড়িভাবে পালিশ করিয়া



চিত্র—১১. ১. ৩ (ক)_৬—১ ফিলেট ওয়েল্ড এটিং স্পেসিমেন

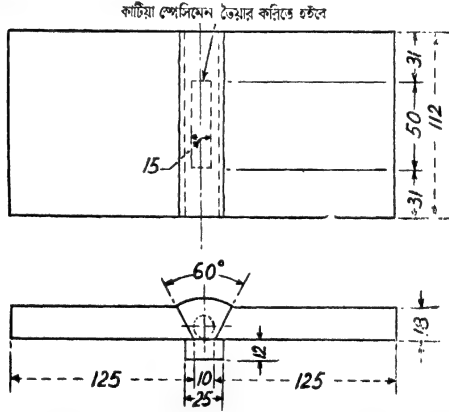
চিত্র—১১. ১. ৩ (ক)_৬—২ বাট ওয়েল্ড এটিং স্পেসিমেন

উপযুক্ত রাসায়নিক সলিউশন (তরলীকৃত হাইড্রোক্লোরিক অথবা

সালফিউরিক এসিড্) প্রয়োগে এটি করা হয়। স্থানটি জলে ধুইলে ওয়েল্‌ডিং এর বিভিন্ন স্তর খালি চোখেই পরীক্ষার দেখা যায়। এই পরীক্ষায় ওয়েল্‌ডিং এর অনুপ্রবেশ (penetration), ব্লো-হোল (blow-hole), আবদ্ধ ধাতু মল (slag inclusion), ইত্যাদি পরিলক্ষিত হয়। উপরে দুইটি চিত্র দেওয়া হইল :

(ক) ঘনত্ব পরীক্ষা (Density test) :

ওয়েল্‌ডিং এর ভিতর সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্র (pores) সমূহের অস্তিত্ব সম্পর্কে নিঃসংশয় হইবার জন্য এই পরীক্ষা লেবরেটরীতে করা হয়। এই পরীক্ষার জন্য ব্যবহৃত টেস্ট পিসের চিত্র নিম্নে প্রদত্ত হইল।



চিত্র-১১. ১. ৩ (ক) ১-১

টেস্ট পিসের আয়তন এবং ওজন সঠিকভাবে যথাক্রমে ঘন সেন্টিমিটারে ও গ্রামে নিরূপণ করিতে হইবে।

$$\text{আয়তন} = \frac{\pi}{4} d^2 l = \frac{\pi}{4} \times (1.5)^2 \times 5.0 \text{ ঘন সে. মি.}$$

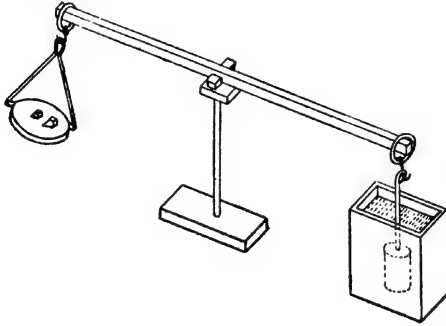
(সি. সি.-c. c.)

$$= 8.82 \text{ ঘন সে. মি.}$$

$$\text{ঘনত্ব} = \frac{\text{গ্রামে ওজন}}{\text{ঘন সেন্টিমিটারে আয়তন}} = \frac{\text{গ্রাম/সি. সি.}}{\text{ঘন সে. মি.}}$$

উচ্চ শ্রেণীর ওয়েল্‌ডিং‌এর জন্য উহা 780 হওয়া প্রয়োজন। ওয়েল্‌ডিং‌য়ে যদি ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র ছিদ্র বা সামান্যতম ধাতুমল আবদ্ধ থাকে, তাহাতেও এই ঘনত্বের পরিমাণ কমিয়া যায়।

কার্য্যাতঃ টেস্ট পিসের আয়তন নির্ণয় করা কঠিন হইতে পারে। সেইজন্য নিম্নে প্রদত্ত চিত্র অনুসারে আপেক্ষিক গুরুত্ব—যাহা মেট্রিক প্রণালী ঘনত্বের সমান—নির্ণয় করা যায়।



চিত্র—১১. ১. ৩ (ক)_১—২

$$\text{আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity)} = \frac{W_{\text{air}}}{W_{\text{air}} - W_{\text{water}}}$$

যেখানে W_{air} = বায়ুতে টেস্ট পিসের ওজন

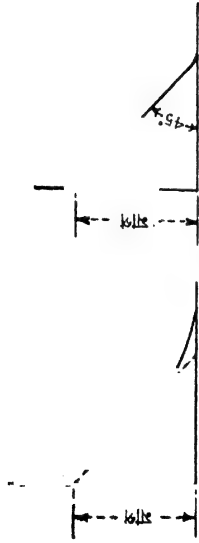
W_{water} = জলে " " "

(খ) ধ্বংস না করিয়া পরীক্ষা (Non-destructive test) :

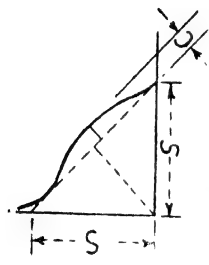
ইহা নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির সমষ্টি,

(খ)_১ খালিচোখে পরীক্ষা (Visual test) :

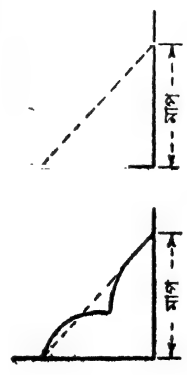
এই পদ্ধতি সমধিক প্রচলিত। ইহার জন্য কার্য্যাতঃ কোন মূল্যবান যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয় না। ইহাতে ওয়েল্‌ডিং‌এর আকৃতি (shape), ফাটল (crack), ব্লো হোল (blow hole) ইত্যাদি খালি চোখে অথবা সময় সময় আতসর্কীচ (magnifying glass) সহযোগে পরীক্ষা করা হয়! পর পৃষ্ঠায় কতগুলি রেখ-চিত্র দেওয়া হইল—তাহা হইতে বুঝিতে পারা যায় যে ওয়েল্‌ডিং‌ গ্রহণযোগ্য কি না।



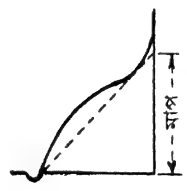
ভাল ফিলেট ওয়েল্ডিং



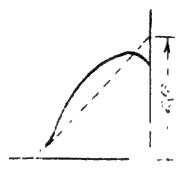
C-এর মাপ নির্দিষ্ট মান অপেক্ষা বেশী না
হইলে চলিতে পারে।



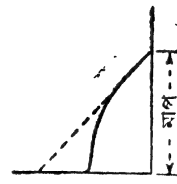
কোট থ্রেট (THROAT) বেশী উঁচু (CONVEX)



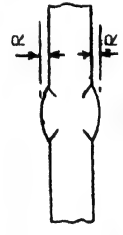
আগারকাট (UNDERCUT) ভেঁটপুত ফিলেট ওয়েল্ডিং



ওভারলাপ (OVERLAP)



হোটি লেগ (LEG)



এরপরোপা বাট ওয়েল্ডিং। R এর মান নির্দিষ্ট
মান অপেক্ষা বেশী হইবে না



বেশী উঁচু (CONVEX) আগারকাট (UNDERCUT) ওভারলাপ (OVERLAP)
ক্রোটপুত বাট ওয়েল্ডিং



ওভারলাপ (OVERLAP)

(খ)২ চৌম্বক কণা পরীক্ষা (Magnetic particle test):

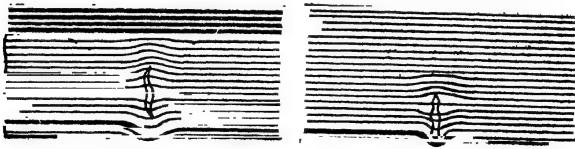
চুম্বকে পরিণত হইতে পারে একরূপ ধাতুর (magnetic metals) ক্ষেত্রে এই পরীক্ষা প্রযোজ্য। পরীক্ষনীয় বস্তুটিকে যদি জোরালো চুম্বক-পথের অংশবিশেষে পরিণত করা হয়, তবে গর্ত, ফাটল কিংবা আবদ্ধ ধাতুমল চুম্বকপথকে বিকৃত করে এবং ইহার উপর ভিত্তি করিয়া ওয়েলডিংএর ত্রুটিবিচ্যুতি নিরূপিত হয়।

চুম্বকত্ব নিম্নলিখিত তিন প্রকারে কার্যবস্তুতে আরোপিত হয়,—

- ১। কার্যবস্তুতে প্রয়োজনীয় কারেন্ট প্রবাহিত করিয়া
- ২। সোলেনয়েডের সহযোগে
- ৩। বিদ্যুৎ-চুম্বক বা স্থায়ী চুম্বক উপযুক্ত স্থানে স্থাপন করিয়া।

কার্যবস্তুতে চুম্বকত্ব আরোপিত করিবার পর সেই অংশের উপর লৌহচূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয় অথবা লৌহচূর্ণযুক্ত তরল পদার্থ সিঞ্চন (sprinkle) করিয়া দেওয়া হয়। সম্ভব হইলে লৌহচূর্ণযুক্ত তরল পদার্থে ডুবাইয়াও লওয়া হইতে পারে।

ওয়েল্‌ডিংয়ে ফাটল, রো হোল, কিংবা আবদ্ধ ধাতুমল থাকিলে লৌহচূর্ণের অবস্থান নিম্নাঙ্কিত চিত্র অনুযায়ী হইবে।



চিত্র—১১. ১. ৩ (খ) ২—১

চিত্র—১১. ১. ৩ (খ) ২—২

(খ)৩ রেডিওগ্রাফিক পরীক্ষা (Radiographic test):

এই পরীক্ষায় এক্স-রে অথবা গামা-রে'র সাহায্যে ওয়েল্‌ডিংএর ছবি তোলা হয়।

(খ)৪. আল্ট্রাসোনিক পরীক্ষা (Ultrasonic test) :

এই পরীক্ষা আল্ট্রাসোনিক তরঙ্গ [প্রতি সেকেন্ডে 50 কিলো-সাইকেল ফ্রিকোয়েন্সি (frequency) সম্পন্ন] বিশেষভাবে নির্মিত যন্ত্রসাহায্যে ওয়েল্‌ডিংয়ে প্রবেশ করানো হয়। ওয়েল্‌ডিংয়ে কোনরকম অসঙ্গতি যথা, ব্লো হোল, 'আবদ্ধ ধাতুমল, ফাটল ইত্যাদি থাকিলে তরঙ্গ প্রতিফলিত হয় এবং ইহা বিশেষভাবে নির্মিত যন্ত্র (Oscilloscope) সাহায্যে ব্যাখ্যাত হয়।

দ্বাদশ অধ্যায়

ওয়েল্ডিং জনিত ব্যয়ের হিসাব (Costing)

১২.০ যে সব বিভিন্ন বিষয় ওয়েল্ডিংয়ের খরচ কমাতে পারে, তার মধো ডিজাইনই অত্যন্তম। মনে রাখিতে হইবে যে, খুব ভাল রকম ডিজাইনের ওয়েল্ড করা স্বাভাবিক; ন্যূনতম ওয়েল্ডিং সম্পন্ন অর্থাৎ প্রয়োজনের অতিরিক্ত ওয়েল্ডিং করা অনুচিত। (এই সম্পর্কে ২য় খণ্ডে বিস্তৃত আলোচনা আছে।)

১২.১ ওয়েল্ডিংয়ের খরচ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে :

- (১) ইলেকট্রোড্
- (২) পারিশ্রমিক
- (৩) বায়িত বিদ্যুৎ-শক্তি
- (৪) আনুসঙ্গিক অগ্নাচ্ছ খরচ

১২.১.১ ইলেকট্রোড্ :

যদিও ইলেকট্রোডের খরচ সামগ্রিক ওয়েল্ডিংয়ের খরচের তুলনায় খুব নগণ্য, তবুও ঠিকমত ইলেকট্রোড্ পছন্দ করা সবচেয়ে বেশী প্রয়োজনীয়। অন্তিম ফিনিশিং (finishing) এবং শক্তির দিক হইতে ওয়েল্ডিং বাতিল হইতে পারে।

ইলেকট্রোড্ বাছাই করার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হইবে,—

- (১) মেকানিক্যাল্ গুণাগুণ (Mechanical properties)

- (২) ওয়েল্ডিংয়ের অবস্থিতি
- (৩) জোড়ের প্রকারভেদ
- (৪) ওয়েল্ডিং বিড্-এর আকৃতি
- (৫) ওয়েল্ডিং করার গতি
- (৬) বৈদ্যুতিক উৎসের প্রকৃতি
- (৭) ওয়েল্ডিংয়ের ফিনিশ্ (finish) এবং
- (৮) অনুপ্রবেশের গভীরতা (depth of penetration)

অধিকন্তু এন্টিমেটারকে আরও কয়েকটি বিষয় চিন্তা করিতে হইবে ; যথা, ওয়েল্ডিংয়ের রাণসংখ্যা, কোন রাণে কত মোটা (gauge) ইলেকট্রোড ব্যবহৃত হইবে এবং প্রতি ইলেকট্রোডে কত দৈর্ঘ্যের ওয়েল্ডিং সম্ভব।

সম্ভব হইলে সবচেয়ে মোটা ইলেকট্রোড ব্যবহার করিতে হইবে এবং ইহাতে খরচ কম হয়।

ওয়েল্ডিংয়ে ইলেকট্রোডের পরিমাণ নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যায় ;

ওয়েল্ডিংয়ে প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যের জন্য

$$\text{ইলেকট্রোডের সংখ্যা} = \frac{V}{v}$$

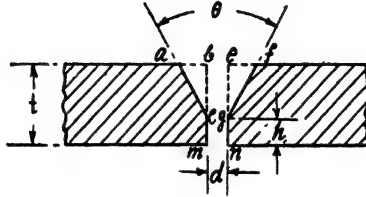
যেখানে, V = প্রতি মিটার দীর্ঘ ওয়েল্ডিংয়ের জন্য ওয়েল্ড্ ধাতুর মোট আয়তন (ঘন মিলিমিটার)

v = প্রতি ইলেকট্রোড্ হইতে প্রাপ্তব্য কার্যকরী ধাতুর আয়তন (ঘন মিলিমিটার)

আয়তন নির্ণয় করার প্রণালী :

প্রথম ক্ষেত্র :

সকল মাপ মিলিমিটারে ধরা হইয়াছে।



চিত্র ১২. ১. ১—১

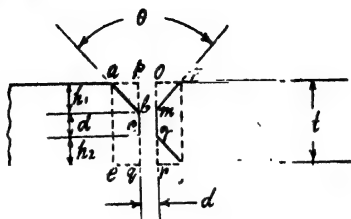
সিঙ্গেল ভি-বাট ওয়েলডিং

$$\begin{aligned} \nabla_1 &= \text{এক মিটার দীর্ঘ ওয়েল্‌ডিংয়ের জন্য গ্যাপের আয়তন} \\ &= (b m n e + a b c + e f g) 1000 \text{ ঘন মিলিমিটার} \\ &= \left(d t + \frac{1}{2} \times 2 \times (t-h) (t-h) \tan \frac{\theta}{2} \right) \times 1000 \text{ „ „} \\ &= \left[d t + (t-h)^2 \tan \frac{\theta}{2} \right] \times 1000 \end{aligned}$$

কার্যতঃ জোড়ার দুই পাশেই ধাতু কিছুটা উঁচু হইয়া থাকে। ইহাকে রি-ইনফোর্সমেন্ট (reinforcement) বলে। ইহার জন্য উপরি-নির্নীত ধাতুর আয়তনকে ১.১৫ হইতে ১.২৫ দিয়া গুণ করিলে কার্যতঃ ওয়েলডিং ধাতুর আয়তন (V) পাওয়া যাইবে।

অতঃপর, $V = 1.15 \nabla_1$ হইতে $1.25 \nabla_1$, ঘন মিলিমিটার

দ্বিতীয় ক্ষেত্র :



চিত্র ১২. ১. ১—২

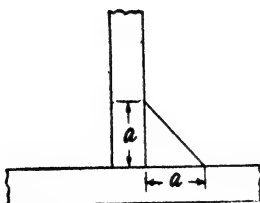
ডবল ভি-বাট ওয়েল্ডিং

$$\begin{aligned} V_2 &= \text{এক মিটার দীর্ঘ ওয়েলডিংয়ের জন্য গ্যাসের আয়তন} \\ &= [pqro + 2 \times apb + 2 \times eqc] \times 1000 \text{ ঘন মিলিমিটার} \\ &= [dt + 2 \times \frac{1}{3} h_1 h_1 \tan \frac{\theta}{2} + 2 \times \frac{1}{3} h_2 h_2 \tan \frac{\theta}{2}] \times 1000 \\ &\quad \text{ঘন মিলি. মি.} \end{aligned}$$

$$= [dt + (h_1^2 + h_2^2) \tan \frac{\theta}{2}] \times 1000 \quad \text{” ” ”}$$

সুতরাং, $V = 1.15 V_2$ হইতে $1.25 V_2$ ঘন মিলিমিটার

তৃতীয় ক্ষেত্র :



চিত্র ১২. ১. ১—৩

কিলেট ওয়েল্ডিং

প্রতি পাশের ক্ষয় $v_s =$ এক মিটার দীর্ঘ ওয়েল্‌ডিংয়ের ক্ষয়
ওয়েল্ড্‌ ধাতুর আয়তন

$$= \frac{1}{2} a^2 \times 1000 \text{ ঘন মিলিমিটার}$$

যেখানে a মিলিমিটারে ফিলেট সাইজ্.

কার্যতঃ, ওয়েল্‌ডিংয়ের আকার অঙ্কিত চিত্রের ছায়া হয় না।
ইহা উত্তল (convex) কিংবা অবতল (concave) হইতে পারে।
সুতরাং ওয়েল্‌ডিংকে উত্তল-আকৃতি ধরিয়া V নির্ণয় করা বাঞ্ছনীয়।

সুতরাং, $V = 1.15 V_s$ হইতে $1.25 V_s$ ঘন মিলিমিটার।

ইলেক্ট্রোড এফিসিয়েন্সি (Electrode Efficiency)

$$\eta = \frac{C - B}{g}$$

যেখানে, $B =$ ওয়েল্ডিং করার আগে প্রস্তুত প্লেটের ওজন।

$C =$ একটি ইলেক্ট্রোড্‌ সহযোগে ওয়েল্ডিং করার পরে
ধাতুমল ও ইতস্ততঃ বিক্ষিপ্ত ওয়েল্ড্‌ ধাতু পরিকার করার
পরে প্লেটের ওজন।

$g =$ ওয়েল্ড্‌ ধাতুর ঘনত্ব।

$\eta =$ প্রতি ইলেক্ট্রোড হইতে প্রাপ্তব্য ধাতুর আয়তন।

যদি $A =$ আচ্ছাদন বিযুক্ত ওয়েল্ড্‌-রডের ওজন হয়,
তাহা হইলে,

$$\frac{C - B}{g} \times 100 - \text{কে ইলেক্ট্রোড্‌ এফিসিয়েন্সি বলে।}$$

বিভিন্ন ইলেক্ট্রোড্‌ এফিসিয়েন্সিতে 450 মিলি মিটার দীর্ঘ প্রতি
ইলেক্ট্রোড্‌ হইতে প্রাপ্তব্য ধাতুর পরিমাণ :

ইলেক্ট্রোডের ব্যাস (মিলি. মি.)	3.25 মিলি. মি.	4 মিলি. মি.	5 মিলি. মি.	6 মিলি. মি.
আচ্ছাদন বিঘুক্ত ওয়েল্ড-রডের আয়তন ঘন সে.মি	3.7	5.6	8.8	12.7
90% এফিসিয়েন্সিতে	3.4	5.1	8.0	11.5
80% "	3.0	4.5	7.1	10.2
70% "	2.6	4.0	6.2	8.9
60% "	2.2	3.4	5.3	7.6

১২.১.২ পারিশ্রমিক (Labour) :

ইহাকে তিনভাগে বিভক্ত করা যায় ;—

(১) ওয়েল্ডিংয়ের প্রাক্কালে কার্যবস্তুর প্রস্তুতিকরণ,

ওয়েল্ডিং করিবার প্রাক্কালে কার্যবস্তুকে বিভিন্নভাবে প্রস্তুত করিতে হয়, যেমন সিঙ্গেল-ভী (single vee), ডবল ভী (double vee), U আকৃতি, ক্লিনিং (cleaning) প্রভৃতি ।

(২) ওয়েল্ডারের পারিশ্রমিক :

একজন ভাল ওয়েল্ডার আমাদের দেশে ম্যানুয়েল ওয়েল্ডিংয়ে (Manual welding) আট ঘণ্টার গড় পড়ত 25 হইতে 30

মিটারের মত ইলেক্ট্রোড্ গলাইতে পারে। বিভিন্ন গেজের ইলেক্ট্রোড্ গলাইতে প্রায় একই সময় লাগে; কারণ মোটা ইলেক্ট্রোড্ বেশী কারেন্ট সহযোগে ব্যবহৃত হয়। স্বয়ংক্রিয় ওয়েল্ডিংয়ের (Automatic welding) ক্ষেত্রে এই কাজের পরিমাণ ৪ হইতে ৪ গুণ পর্যন্ত হইতে পারে।

(৩) ওয়েল্ডিংয়ের পর ধাতুমল ও ইতস্ততঃ বিক্ষিপ্ত অবশিষ্টীয় ওয়েল্ড্-ধাতু পরিস্কার করণ ইত্যাদি।

১২.১.৩ ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তি :

বিভিন্ন ধরনের ওয়েল্ডিংয়ে বিভিন্ন মাত্রায় বিদ্যুৎ শক্তি ব্যয়িত হয়। ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তি নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

(১) ডি সি. (D. C.)

ঘণ্টা প্রতি বিদ্যুৎ শক্তি বাবদ খরচ

$$(M) = \frac{\text{আর্ক ভোল্ট} \times \text{এম্পিয়ার}}{1000} \times \frac{x}{60}$$

যেখানে x = বৈদ্যুতিক ইউনিট প্রতি খরচ

এবং ওয়েল্ডিং সেটের এফিসিয়েন্সি ৬০%

(সাধারণতঃ ওয়েল্ডিং সেটের এফিসিয়েন্সি শতকরা ৬০ থেকে ৭০ ভাগ হয়। আর্কভোল্ট সাধারণতঃ ১৪ হইতে ৩০ এর মধ্যে থাকে।)

(২) এ. সি. (A. C.)

$$M = \frac{\text{আর্ক ভোল্ট} \times \text{এম্পিয়ার} \times \text{পাওয়ার ফ্যাক্টর}}{1000} \times \frac{x}{85}$$

যেখানে ওয়েল্ডিং-সেটের এফিসিয়েন্সি ৪৫% ধরা হইয়াছে।

কার্যতঃ, পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্ণয় করার জন্য বিশেষ যন্ত্র দরকার, যাহা ওয়েল্ডিং বত্বার্নীর অঙ্গ নহে। সুতরাং বিদ্যুৎ শক্তি বাবদ খরচ নির্ণয় করিবার সময় পাওয়ার ফ্যাক্টরকে ১ ধরিয়া লইলে,

$$M = \frac{\text{আর্ক ভোল্ট} \times \text{এম্পিয়ার}}{1000} \times \frac{x}{85}$$

(৩) এঞ্জিন চালিত ওয়েল্ডিং সেট :

ডিজেল কিংবা পেট্রোল এঞ্জিনে উৎপন্ন বিদ্যুৎ শক্তির পরিমাণ

$$= \frac{\text{আর্ক ভোল্ট} \times \text{এম্পিয়ার}}{1000} \times \frac{1}{\eta} \text{ কিলোওয়াট}$$

যেখানে η শুধুমাত্র ওয়েল্ডিং জেনারেটরের এফিসিয়েন্সি (আমু-পাতিক যোগ্যতা)। ইহা ক্ষেত্রবিশেষে শতকরা ৪০ হইতে ৪০ পর্যন্ত হইতে পারে।

উপরোক্ত পরিমাণ বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপন্ন করিতে যে পরিমাণ ডিজেল কিংবা পেট্রোল ব্যয়িত হয়, তাহার মূল্য বিদ্যুৎ-শক্তি বাবদ খরচ ধরিতে হইবে।

সাধারণতঃ ১নং ও ২নং ক্ষেত্র অপেক্ষা এইক্ষেত্রে বিদ্যুৎ-শক্তিবাদ খরচ শতকরা ৬০ হইতে ৭৫ ভাগ বেশী।

(ওয়েল্ডিংয়ের প্রকৃত সময় পরিলক্ষিত ওয়েল্ডিংয়ের সময়ের শতকরা 40 হইতে 50 ভাগ।)

১২.১.৪ আনুসঙ্গিক অগ্রাণু খরচ :

ইহা বলিতে নিম্নলিখিত খরচগুলির আনুপাতিক বণ্টন বুঝায় ;—

- (১) ওয়েল্ডিংয়ের মেশিন ও অগ্রাণু প্রয়োজনীয় যন্ত্রবাবদ খরচ।
- (২) পরিচালন ও পরিদর্শন বাবদ খরচ।

উপরোক্ত আনুসঙ্গিক খরচ বিভিন্ন কোম্পানীর ক্ষেত্রে বিভিন্ন।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

নিরাপত্তা-বিধি নিষেধ

১৩.০ প্রত্যেক ওয়েল্ডারকে কার্যক্ষেত্রের নিয়মাবলী, যন্ত্রপাতির সঠিক ব্যবহার, অগ্নিনিরোধক-ব্যবস্থা এবং ঠিকমত ওয়েল্‌ডিং এর প্রাথমিক জ্ঞান সম্বন্ধে অবহিত থাকা প্রয়োজন। ওয়েল্ডারের সামান্যমাত্র অবহেলার দরুণ তাহার নিজের ও আশে-পাশের কর্মীদের জীবন বিপন্ন হইতে পারে; এমনকি বিধবংসী অগ্নিকাণ্ড হওয়াও বিচিত্র নয়।

১৩.১ আর্ক-রশ্মি (Arc Rays) :

ইলেকট্রিক আর্কে দৃশ্যমান ও অদৃশ্যমান ইনফ্রা রেড্ (Infra-red) এবং আলট্রা-ভায়োলেট (Ultra-violet) রশ্মি বর্তমান। ইহার ঔজ্জ্বল্য সাধারণ দৃশ্যমান নিরাপদ আলোকের ঔজ্জ্বল্য অপেক্ষা 10,000 গুণ বেশী, সেইজন্য আর্ক খালিচোখে দেখিতে নাই। অধিকন্তু আর্কের রশ্মি দেহত্বকের ক্ষতি করে। ইহার জন্য নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা অবলম্বন করা উচিত।

(ক) চক্ষু ও মুখমণ্ডলের নিরাপত্তার জন্য বিশেষভাবে নির্মিত ওয়েল্‌ডিং গ্লাসযুক্ত ঢাল (face shield) ব্যবহার করিতে হইবে।

(খ) দেহত্বককে নিরাপদ রাখিবার জন্য ওয়েল্‌ডিং করিবার সময় উপযুক্ত আচ্ছাদন পরিধান করিতে হইবে।

(গ) হাতের নিরাপত্তার জন্য চর্মনির্মিত পুরোদস্তানা (full gloves) ব্যবহার করিতে হইবে।

(ঘ) রশ্মির প্রতিফলনজনিত ক্ষতির প্রভাব হইতে রক্ষা করিবার জন্য ঢাল, আচ্ছাদন ও নিকটবর্তী অগ্ন্যাগ্ন প্রতিফলনক্ষম বস্তুসমুদয়কে জিঙ্ক হোয়াইট্ (Zinc white), ইওলো পেইণ্ট্ (yellow paint) অথবা টাইটেনিয়াম্ হোয়াইট্ (Titanium white) রঙ লাগান উচিত।

১৩.২ ইলেকট্রিক্ শক্ (Electric shock :)

(ক) ইলেকট্রিক্ ওয়েল্ডিং মেশিনকে যথোপযুক্তভাবে ভূমির সহিত সংযোগ (Earthing) করিতে হইবে।

(খ) কার্যবস্তুর উপর দাঁড়াইয়া ওয়েল্ডিং করিবার সময় রাবারের সোলবিশিষ্ট জুতা ব্যবহার করা উচিত। এইসব ক্ষেত্রে সম্ভব হইলে ওয়েল্ডিং-এ ডি. সি. ব্যবহার করা উচিত।

(গ) ইলেকট্রোড্ হোল্ডার উপযুক্তভাবে বিদ্যুৎ নিরোধক বস্তু দ্বারা আচ্ছাদিত করিতে হইবে।

১৩.৩ সাধারণ নিরাপত্তা বিধি :

(ক) ওয়েল্ডিংজনিত গ্যাস অপসারণের উপযুক্ত ব্যবস্থা থাকা দরকার।

(খ) ওয়েল্ডিং করিবার কালে ওয়েল্‌ডারের জন্য সহজভাবে বসা, দাঁড়ান ইত্যাদির জন্য উপযুক্ত ব্যবস্থা রাখিতে হইবে।

(গ) উচ্চস্থানে ওয়েল্ডিং কৰিবলৈ কালৈ ওয়েল্ডাৰেৰ উপযুক্ত নিৰাপত্তাৰ জন্তু কটিবন্ধনীৰ প্ৰয়োজন।

(ঘ) সহজদাহ পদাৰ্থেৰ নিকটবৰ্তী স্থানে ওয়েল্ডিং কৰিতে হইলে বিশেষ যত্নসহকাৰে ওয়েল্ডিং কৰিতে হইবে—যাহাতে ওয়েল্ডিং-এৰ ফুল্কিৰ দ্বাৰা অগ্নিকাণ্ড ঘটিতে না পাৰে।
